

Energiansäästösuunnitelma betoniasemalle

Heikkuri Marko

Opinnäytetyö
Kone- ja tuotantotekniikka
Tekniikan koulutusohjelma
Insinööri (AMK)

2015

Tekniikka ja Liikenne
Kone- ja Tuotantotekniikka
Insinööri (AMK)

Tekijä	Marko Heikkuri	Vuosi	2016
Ohjaaja	Ins. (YAMK) Ari Pikkarainen		
Toimeksiantaja	Rudus Oy/Leppänen Taito		
Työn nimi	Energiansäästöratkaisut betoniasemalla		
Sivu- ja liitemäärä	61		

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia Rudus Oy:n Kemin betoniaseman maataskun lämpöenergian vuotoja ja ehdottaa yritykselle vaihtoehtoisia menetelmiä lämpövuotojen vähentämiseen ja energian säästämiseen. Betonissa käytettävien maa-ainesten kamittuminen on yksi tärkeimpiä opinnäytetyössä käsiteltäviä aiheita lämpövuotojen ohessa. Maa-aineksien kosteutta käsiteltiin myös tarkemmin, koska kosteudella on merkitystä tuotteen valmistamisessa. Kosteus huomioitiin myös eri vertauksissa, koska maa-aineksista maksetaan painon mukaan.

Työssä tutustuttiin yrityksen historian ja tuotannon eri vaiheisiin, sekä käsiteltiin yrityksen tuottamien tuotteiden eri kuljetusmuotoja ja kuljetuskaluston käyttömahdollisuuksia.

Opinnäytetyöhön liittyi paljon tutkimustyötä paikan päällä yrityksessä, sekä teoriaosuuden tietojen keräämistä kirjastossa. Internetistä löytyvän materiaalin avulla oli mahdollista löytää valmistajien tarjoamia tarkkoja tietoja tällä hetkellä käytössä olevista laitteistoista ja kemikaaleista.

Työn haasteellisuutta lisäsi aseman laitteistoihin tutustuminen ja laitteistojen teknisten tietojen saatavuus. Laitteistojen toiminnan ymmärtämisen kannalta oli tärkeää saada tarkempia tietoja suoraan valmistajalta tai jälleenmyyjältä. Henkilökunnan asiantuntevuus ja avuliaisuus oli avaintekijänä opinnäytetyön onnistumisen kannalta.

Työssä ilmeni monia mahdollisuuksia yrityksen energiavuotojen vähentämiseen, mutta yrityksen johtohenkilöt päättivät työssä esiteltujen säästöratkaisuiden mahdollisesta toteuttamisesta.

Avainsanat Rudus, betoni, maa-aines, energia, lämmitys, tekniikka, eristys

Industry and Natural Resources
Mechanical and production engineer

Author	Marko Heikkuri	Year	2016
Supervisor(s)	Ari Pikkarainen, MEng		
Commissioned by	Rudus Oy/Taito Leppänen		
Subject of thesis	Energy saving solutions for a concrete factory		
Number of pages	61		

The aim of this study was to investigate the Rudus Oy Kemi concrete plants thermal leaks and to propose alternative methods for the company to reduce thermal leaks and to save energy. The earth materials getting lumpy in use of concrete manufacturing is one of the main topics dealt with in the thesis along with thermal leaking. Soil moisture was also discussed more in detail, because the moisture is important in the manufacturing of the product. Humidity was also considered expensive in the comparison, because the soils are paid by weight.

The thesis also include the company's history and the different stages of production, as well as handling different transport types for the company's products and different usages for transport equipment.

The thesis involved a lot of research on the company, as well as collecting information on the theoretical part in the library. Using the material found on the Internet made it possible to find the precise information provided by the manufacturers of currently available equipment and chemicals.

Getting to know the station's equipment and it's technical data added some challenges to the job. It was important to obtain detailed information directly from the manufacturer or dealer for understanding hardware's operations. Expertise and helpfulness of the staff was a key factor in the success of the thesis.

The work revealed a number of opportunities to reduce the company's energy leaks, but the company's executives decide on the implementations of the saving solution presented in the thesis. The purpose of this thesis was to study the heat energy leaks at Rudus Oy Plant in Kemi and suggest alternative methods to reduce heat leaks and to save energy.

Key words Rudus, concrete, soil substance, energy, heating, technology and insulation

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	KÄYTETYT KAAVAT	7
3	RUDUS OY:N HISTORIAA	9
4	YRITYKSEN TOIMINTA	11
4.1	Pumppusäiliöyhdistelmä	11
4.2	Pyörityssäiliöllinen auto.....	12
4.3	Pumppu- ja sekoitussäiliöllinen auto	13
4.4	Asiakkaan oma nouto	14
5	BETONISSA KÄYTETTÄVÄT SORALAADUT	15
6	MAATASKUN TOIMINTA	17
6.1	Turvallisuus.....	18
6.2	Ohjaus ja hallinta	18
7	ENERGIATEKNIIKAN HYÖDYNTÄMINEN	19
7.1	Lämpöenergian siirtyminen.....	19
7.1.1	Lämmön johtuminen.....	20
7.1.2	Lämmön kuljetus	20
7.1.3	Lämpösäteily	21
7.2	Energian vuotaminen	21
7.3	Energiatehokkuuden parantaminen	22
8	LÄMMITYSMUOTO	23
8.1	Lämmön siirtäminen/siirtyminen	26
8.2	Lämmön hyödyntäminen.....	27
9	VAIHTOEHTOINEN LÄMMITYSMUOTO	29
10	TALVEN VAIKUTUS TOIMINTAAN.....	30
10.1	Soran jäätyamisen ja kosteuden haitat.....	30
10.2	Soran kosteuden haitat.....	31
11	LÄMPÖENERGIAN VUOTOJEN TUTKINTA	34
11.1	Lämpökuvauksen käyttökohteet	34
11.2	Rudus lämpökuvaus	35
12	MAATASKUN PARANNUSEHDOTUKSET	53
12.1	Vaihtoehdot maataskun tilalle.....	54
12.2	Lämpimän soravaraston hyödyt ja kulut	55

13SÄÄSTÖEHDOTUKSET.....	56
14POHDINTA.....	58
LÄHTEET.....	60

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö tehdään toimeksiantona Rudus Oy:lle. Työssä tutkitaan nykyisen lämmitysratkaisun tehokkuutta ja mahdollisia vaihtoehtoisia energiamuotoja. Rudus Oy:n toiminnan kannalta myös ympäristönsuojelu on yksi avainasemassa olevista tehtävistä, koska Rudus Oy on antanut lupauksen vihreämmästä betonista.

Opinnäytetyössä tarkastellaan betoniaseman energiaratkaisuita ja maataskun mahdollisia lämpöenergiaa vuotavia ongelmakohtia. Opinnäytetyön aiheen valitsin lähinnä energiatekniikan kiinnostavuuden, alan aikaisemman kokemuksen ja työn haastavuuden vuoksi. Tuloksissa tullaan selvittämään energiatehokkuuden ongelmakohdat, sekä pyritään tarjoamaan vaihtoehtoisia ratkaisuja yrityksen käytettäväksi. Opinnäytetyö rajataan maataskuun ja sen lämpövuotojen ongelmakohtien selvittämiseen, jotta opinnäytetyö ei kasvaisi suuremmaksi kuin alun perin on suunniteltu. Opinnäytetyössä käsitellään pääpiirteittäin tehtaassa käytetty lämmitysmuoto ja lämmön siirtämiseen käytetyt laitteistot.

Opinnäytetyön tavoitteena on luovuttaa yritykselle dokumentaatiota lämpövuodoista, sekä eri materiaalien eristävästä ominaisuuksista. Opinnäytetyössä tullaan selvittämään nykyisen lämmitysmuodon kustannukset ja hyödyt, sekä työssä tullaan vertailemaan lämmitysmuotoa muihin lämmitysmahdollisuuksiin. Opinnäytetyön tavoitteiden saavuttaminen vaatii perehtymistä betoniaseman laitteistoon, tarjousten pyytämistä yrityksiltä ja matemaattisten kaavojen soveltamista käytännössä.

2 KÄYTETYT KAAVAT

Kaava 1. $\Delta T := \frac{E}{C}$

E = energian määrä
 ΔT = lämpötilan muutos
 C = lämpökapasiteetti

$$\Delta T = T_2 - T_1$$

T_2 = lähtölämpötila
 T_1 = loppulämpötila

Kaava 2. $C := c \cdot m$

c = tutkittavan materiaalin ominaislämpökapasiteetti
 m = tutkittavan materiaalin massa

Kaava 3. $P := \varepsilon \cdot A \cdot \delta \left(T_1^4 - T_2^4 \right)$

P = teho (lämpösäteily)
 ε = emissiivisyys eli pinnan kyky luovuttaa lämpösäteilyä ympäristöönsä
 A = pinta-ala
 δ = Stefan-Boltzmannin vakio

$$\delta := 5.67 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{(\text{m}^2 \text{K}^4)}$$

Energian yksiköitä

KWh = kilowattitunti
 KJ = kilojoule

Kaava 4.
$$P := \lambda \cdot A \cdot \frac{\Delta t}{l}$$

Lämmönjohtumisteho

λ = aineen lämmönjohtavuus

A = eristävän alueen pinta-ala

Δt = lämpötilaero eristävän materiaalin sisä- ja ulkopinnan välillä

l = eristävän materiaalin paksuus

Kaava 5.
$$P := m \cdot c \cdot \frac{\Delta T}{\Delta t}$$

P = teho

m = liikkuvan aineen massa

c = ominaislämpökapasiteetti

ΔT = aineen lämpötilan muutos

Δt = kuljetukseen käytetty aika

Työssä käytetyt kaavat on lainattu suoraan tai johdettu kirjasta Insinöörin (AMK)
Fysiikka osa 1, sivut 157–196

3 RUDUS OY:N HISTORIAA

Ruduksen perustamiseen johtanut idea syntyi diplomi-insinööri Tor Blomqvistilla, jonka päätarkoituksena oli saada Helsingin rakennustyömaille laadukkaampia kiviaineita. Tiedettävästi Helsingin Töölössä on yksi kerrostalo jopa sortunut huonojen kiviaineiden vuoksi. (Rudus Oy 2001)

Lohjan kalkkitehdas Oy aloitti toimintansa jo vuonna 1897 ja aloitti sementin valmistamisen vuonna 1919. Lohjan kalkkitehdas osti Helsingissä perustetun Oy Rudus Ab:n osake-enemmistön vuonna 1931. Ostaessaan enemmistön Ruduksesta siirtyi Lohja samalla myös kiviaineskauppoihin mukaan. Yritys oli ensimmäisenä Suomessa aloittamassa valmisbetonin tuotantoa vuonna 1958. Yhtiö laajensi toimintaansa 1960-luvulla ottaessaan tuotantoon mukaan myös betonituotteet, kiviaineksen kierrätyksen ja – murskauksen. Vuosina 1974 ja 1975 käytettiin yhtiöstä nimeä Lohjan Kalkkitehdas Oy Lojo Kalkverk Ab, jonka logona toimi vinoneliö sisältäen kirjaimet LK, jotka oli sijoitettu neliön sisällä olevaan ympyrään. Vuoden 1975 aikana yhtiön nimi kuitenkin lyhennettiin muotoon Oy Lohja Ab, jonka seurauksena vuonna 1987 yhtiölle keskitettiin yhtenäinen keltapohjainen logo. Yhtiön palveluksessa olevat autot maalattiin kaikki kelta-vaikoraiddalliseksi, jolloin ne toimivat yhtiön liikkuvina mainoksina. (Rudus Oy 2001)

Vuonna 1990 Lohja yhteistyökumppaneineen järjesti teollisuuttaan uudelleen, jonka seurauksena yhtiön nimi muuttui Oy Metra Ab betoniteollisuudeksi. Yhtiön nimi ei ehtinyt kauaa olla Metra, vaan vuonna 1992 Lohja ja Partek yhdistyivät 50/50 periaatteella. Yhtiössä vallitsi epätietoisuus käytettävästä nimestä, kunnes Euroc Ab osti Lohjan vuonna 1993 ja antoi yhtiön säilyttää nimensä. Yhtiö laajensi toimintaansa Baltian ja Venäjän alueelle 1990-luvun alussa. (Rudus Oy 2001)

Rudus Oy:n nimi on muuttunut yrityksen historian aikana muutamaan kertaan. Yhtiön alkuperäinen nimi on Lohja Kalkverk Aktiebolag – Lohjan Kalkkitehdas Oy. Yhtiön nimi lyhennettiin Oy Lohja Ab:ksi vuonna 1975. Yhtiön omistajan

vaihtuessa vuonna 1993 vaihtui myös nimi Lohja Rudus Oy Ab:ksi. Yhtiön nykyinen nimi Rudus Oy on otettu käyttöön 1.1.2008. (Rudus Oy 2001)

4 YRITYKSEN TOIMINTA

Opinnäytetyön kohteena olevan Rudus Oy:n tehdas sijaitsee Kemin Karjalahdella. Tehtaan toimintaan kuuluu toimittaa asiakkaille laadukkaita asiakkaan tarpeen mukaisia betonilaatuja, sekä suunnitella asiakkaan tarpeisiin sopivia toimitusratkaisuja. Tehtaan asiakkaina on niin yksityisiä henkilöitä kuin yrityksiäkin. Tehtaan palveluihin kuuluu betonin toimittamisen lisäksi urakkalaskennat, sopivan tuotteen valinta käyttökohteen mukaan sekä muut asiakkaan tarvitsemat neuvot eri kohteissa.

Rudukselle on todella tärkeää laadukkaan tuotteen toimittaminen ja tämä vaatii toteutuakseen jatkuvaa laadun tarkkailua, kuten myös panostamista henkilöstön osaamiseen ja tehtaan toimivuuteen. Betonin laatua tarkkaillaan päivittäin erilaisille laboratorio kokeilla. Betonista otetuista näytteistä valetaan koepaloja, jotka puristetaan rikki betonin kuivuttua. Saaduista tuloksista yrityksellä on mahdollista seurata betonin lujuutta ja tarvittaessa puuttua tilanteeseen, jos betonin laadussa tulee säännöllisesti betonin reseptistä eroavia tuloksia.

Tehtaan tuotetoimitukset tehdään täysin asiakkaan vaatimusten ja tarpeiden mukaan. Tehtaalla on pääasiallisesti neljä eri tapaa betonin toimittamiseksi.

4.1 Pumppusäiliöyhdistelmä

Pumppusäiliöyhdistelmällä (kuva 1) tarkoitetaan kuljetusmuotoa, jossa kuljettaja ottaa kuljetettavakseen ainakin osan asiakkaan tarvitsemasta betonista ja pumppaa sen asiakkaan määrittelemään paikkaan. Ajoneuvoon on kiinnitetty puomi, johon kiinnitetyllä putkistolla voidaan siirtää betonia ajoneuvon betonikaukalossa sijaitsevalla pumpulla työmaalla valettavaan kohteeseen. Ajoneuvon puomistoa liikutetaan hydraulilla ohjattavilla sylintereillä ja kääntömootorilla. Hydrauliikan ohjaukseen käytetään radio-ohjainta, jotta kuljettajalla on mahdollisuus olla lähellä valettavaa kohdetta. Radio-ohjain parantaa työmaalla turvallisuutta ja helpottaa kommunikointia pumppaajan ja valutyöntekijöiden kesken.

Työkohteen laajuudesta riippuen voidaan työmaalle toimittaa lisää betonia erillisellä pyörityssäiliöllisellä autolla (kuva 2).



Kuva 1. Pumppusäiliöajoneuvo (Rudus Oy 2015)

4.2 Pyörityssäiliöllinen auto

Pyörityssäiliöllinen auto (kuva 2) on erikoisajoneuvo, jossa on hydraulikalla pyöritettävä säiliö. Säiliön sisällä on kierteen muotoon taivutetut siivet, jotka säiliön pyörimisnopeudesta riippuen liikuttavat halutulla nopeudella betonia joko ulos säiliöstä tai säiliöön sisälle. Tällaisissa ajoneuvoissa on yleensä varusteina myös hydraulikalla ohjattu betoniränni, joka mahdollistaa betonin tarkan purkamisen asiakkaan tarpeiden mukaan. Ajoneuvon mahdollisuus rännipurkuun mahdollistaa monipuolisen työskentelyn työmailla. Rännipurku on suositeltu purkutapa sellaisissa tapauksissa, että kohteen lähelle pääsee hyvin ja valukohde on sopivan kokoinen rännin pituuteen nähden. Rännipurkua suositetaan myös vaikeakulkuisissa kohteissa, jonne suurella pumppuautolla on mahdotonta päästä.



Kuva 2. Rännivalu betoniautolla (Rudus Oy 2015)

4.3 Pumppu- ja sekoitussäiliöllinen auto

Pumppu- ja sekoitussäiliölliseltä autolta (kuva 3) vaaditaan yhteistyötä, kun työmaalla on pitkä purkuetäisyys ja valamiseen vaaditaan pumppuauton ulottuvuus. Erillisen pumppuauton etuna on pitkä puomisto, jolla betonin ylettyy pumppaamaan laajoihin ja vaikeasti tavoitettaviin kohteisiin. Pumppuauton perässä on betonia varten kaukalo ja pumppuyksikkö, joka toimittaa betonin puomiston putkistoon ja sitä pitkin asiakkaan määrittelemään kohteeseen. Pumppuauton kaukaloon toimitetaan pyörityssäiliöllisellä autolla betonia.

Pumppuautolla on mahdollista pumpata satoja kuutioita betonia vuorokauden aikana, koska sekoitussäiliöllisiä autoja voidaan lähettää asemalta sovituin aikaväleihin. Pumppuauton tarvitsee lopettaa pumppaaminen vain hetkeksi betonia toimittavien autojen vaihtaessa paikkaa. Kun edellinen auto saa kuormansa purettua, niin seuraava auto voi peruuttaa pumpulle ja aloittaa purkamisen. Kyseinen järjestely on todettu erittäin toimivaksi suurilla työmailla, joissa on kyseessä suuret ja aikaa vievät valutyöt.



Kuva 3. Pumppuauto ja pyöriyssäiliöllinen betoniauto (Rudus Oy 2015)

4.4 Asiakkaan oma nouto

Asiakkaalla on mahdollisuus noutaa tarvitsemansa betonimäärä myös omalla kuljetuskalustolla, jolloin asiakas voi säästää betonin toimituskuluissa. Näissä tapauksissa ongelmaksi voi muodostua aseman korkealla sijaitsevasta myllystä tippuvan betonin roiskuminen ympärilleen. Suurissa osissa tapauksista betoni lasketaan pyöräkoneen kauhaan ja siitä asiakkaan kuljetuskalustoon. Lastauksessa voi myös hyödyntää paikalla olevia betoniautoja, jolloin betoni lastataan auton kyytiin ja siitä rännillä asiakkaan kaluston kyytiin.

5 BETONISSA KÄYTETTÄVÄT SORALAADUT

Ruduksen betoniasemalla on tarjota asiakkaille eri soralaatuja erikokoisella rakeella, jolla on ratkaiseva vaikutus betonin ominaisuuksiin. Betonissa käytettävän soran koko ja laatu on täysin riippuvainen tulevasta käyttökohteesta ja vaadittavasta betonin laadusta.

Betonin sisältämän murskeen koko määrittelee betonin kestävyys- ja puristuslujuuden. Suuren painon alle tarkoitetut valut tehdään mahdollisimman suurella raekoolla, jotta betonin kestävyys on mahdollisimman hyvä käyttökohteeseen suhteutettuna. Betoni yksistään ei kestä taivutusjännitystä, vaan betonin sekaan laitetaan rauditus vahvistamaan jännityksen kestoja. Joillakin työmailla vaaditaan kestävä ja hyväpintainen lattia, jolloin on mahdollista tehdä valun runko karkealla rakeella ja pinta erikseen pienemmällä rakeella.

Betoniasemalla käytetään pääasiallisesti kahta eri murskekokoa, jotka ovat 0-8 mm (kuva 4) ja 0-16 mm (kuva 5). Molemmat raekokoluokat ovat luonnonkivestä tai kalliosta pienempään kokoon murskattua kiviainesta.



Kuva 4. Kalliomurske 0-8v (Rudus Oy 30.12.2015)



Kuva 5. Kalliomurske 0-16 (Rudus Oy 30.12.2015)

Betoniasemalla on säännöllinen kiviaineksen laaduntarkkailu, jolla varmistetaan laadukkaan betonin valmistus. Betonissa käytettävä raekoko riippuu täysin betonin käyttökohteesta ja vaadituista ominaisuuksista, joita ovat betonilta vaadittu notkeus, säänkestävyys ja lujuus.

6 MAATASKUN TOIMINTA

Betoniaseman maataskun laitteisto toimii betoniin tarvittavan soralaadun puntarina ja betonimyllyyn syöttäjänä. Maataskussa olevalle puntarille lasketaan soraa betonireseptin mukaisesti, jonka jälkeen sora kulkee betonimyllyyn hihnakuljettimella tuotteen valmistusta varten. Hihnakuljettimen toiminnan varmistamiseksi täytyy hihnojen alunen tarkastaa säännöllisesti mahdollisten maa-ainesten tippumien varalta. Liiallinen maa-aineksien kertyminen hihnan alle voi johtaa hihnan pysähtymiseen ja pahimmassa tapauksessa hihnan katkeamiseen.

Maataskun yläpuolella olevat siilot toimivat maa-aineksien varastona ja syöttösiilona. Prosessinhoitajan tehtävänä on huolehtia maa-ainesten tilaamisesta siilojen vaillantueessa riittävästi. Siilot ovat tärkeä osa aseman toimintaa, koska siilo on ainoa soran syöttöön soveltuva laite. Siiloja täytetään joko kuorma-autolla tai pyöräkoneella. Kuorma-autolle on rakennettu tie siilojen yläpuolelle, jotta ajoneuvolla voi kumota maa-aineksia suoraan maataskun siiloihin. Pyöräkoneeseen kiinnitetyllä kauhalla kannetaan tarvittava määrä maa-aineksia maataskuun, jos siilojen pinta vaillentuu liikaa kuorma-auton ajo ajan ulkopuolella. Kuorma-auto täyttää siiloja prosessinhoitajan toiveiden mukaisesti ja siilojen täyttyessä ylimääräiset maa-ainekset kumotaan pihalla sijaitsevaan katokseen tai erilliseen pihalla sijaitsevaan kasaan.

Maataskun sisällä soran annostelusta vastaa ilmanpaineella ohjattu työsylinteri, joka tarvittaessa avaa ja sulkee maataskun sorasiilon maa-aineiden syöttöki-
dan. Maataskussa sijaitsevien ilmanpaineella toimivien laitteiden vuoksi on ensiarvoisen tärkeää, että maataskussa on aina ilmojen kylmettyä tarpeeksi lämpöä, jotta ilmanpainelaitteet eivät jäädy ja aseman toiminta voi jatkua ongelmitta.

6.1 Turvallisuus

Maataskussa on paljon liikkuvia laitteita, jonka vuoksi henkilökohtaisten suojainten käyttö on aina pakollista. Maataskun liikkuvat laitteistot on suojattu metallisella verkolla (kuva 41), jonka tarkoituksena on suojata alueella liikkuvia mahdollisilta loukkaantumisilta. Maataskussa esiintyvän melun vuoksi on kuulosuojainten käyttö pakollista aina aseman ollessa käynnissä. Maataskuun saa mennä vain erillisen luvan kanssa, koska alueeseen tottumattomalla voi olla vakava loukkaantumisen vaara.

Alueelle menevän tulee huolehtia omasta turvallisuudestaan ja pysyä turvallisen etäisyyden päässä käynnissä olevista laitteista, kuljetuskalustoista ja alueella työskentelevistä koneista.

6.2 Ohjaus ja hallinta

Maa-ainesten annostelu on tietokoneohjattu, mutta prosessinhoitajalla on mahdollisuus lisätä halutessaan veden tai maa-aineksen määrää. Prosessinhoitajalla on käytettävissään betonin jäykkyyden ilmoittava mittaristo, jonka mukaan hän voi tarvittaessa lisätä betoniin vettä, sidosainetta, hiekkaa tai soraa.

Prosessinhoitajalla on mahdollisuus valita tietokoneella olevasta listasta valmis resepti tarvittavaan betoniin, sekä hänellä on tarvittaessa mahdollisuus muuttaa reseptiä asiakkaan toiveiden mukaan. Prosessinhoitajan tehtäviin kuuluu myös betonimyllyn kunnosta ja puhtaudesta huolehtiminen. Tämä tarkoittaa säännöllistä myllyn pesemistä, jolla estetään betonin tarttuminen myllyn siipiin.

7 ENERGIA TEKNIIKAN HYÖDYNTÄMINEN

Energiatekniikan periaatteellisenä tarkoituksena on tutkia eri energiamuotojen ominaisuuksia ja toimintaperiaatteita, minkä vuoksi energiatekniikkaa voi soveltaa lähes kaikkiin tuotannon aloihin. Energiatekniikalla pyritään saamaan mahdollisimman suuri hyötysuhde käyttöön laitteissa ja toiminnoissa keskittämällä eri energiatekniikan alat yhteen. Energiatekniikassa tutkitaan luonnon valjastamista energiantuotantoon, jolloin on mahdollisuus vähentää tai lopettaa fossiilisten polttoaineiden käyttö kokonaisuudessaan.

Energiatekniikan avulla voidaan tutkia erilaisten laitekokonaisuuksien tehokkuuksia ja mahdollisuuksia niiden parantamiseen. Yleisesti ottaen kaikki liike ja toiminta tuottaa energiaa muodossa tai toisessa. Koneiden tuottamaa lämpöenergiaa voidaan hyödyntää kohteissa, joissa lämpöä tarvitaan. Liikaa lämpöä tuottavat laitteet voivat olla liian pieniä käyttökohteeseensa nähden, jolloin ne lämpenevät liiallisen rasituksen seurauksena. Käytössä vaurioituneet laitteet lämpenevät esimerkiksi lisääntyneen kitkan vuoksi, jolloin huolto tai laitteen vaihto on pakollinen enempien vaurioiden välttämiseksi.

Energiatekniikkaan liittyviä osa-alueita voidaan hyödyntää niin kunnossapidossa kuin laitteistokokonaisuuksien parantelussakin. Energiatekniikan avulla voidaan määritellä eri toimintojen vaatimat voimat ja näin ollen valita niihin sopivat käyttövoimat.

7.1 Lämpöenergian siirtyminen

Lämpöenergian siirtymiseen liittyy monien ominaisuuksien yhdistetty vaikutus. Lämpö siirtyy aina lämpimämmästä kylmempään ilmaan tai materiaaliin, koska lämpötilaerot pyrkivät tasaamaan toisensa ja saavuttamaan tasapainon keskenään. Lämmön siirtymisen voimakkuuteen vaikuttaa eri lämpötilojen välissä vaikuttava eristävä kerros ja pintojen välillä vaikuttava lämpötilaero.

Lämmön siirtyminen on luokiteltu pääasiallisesti kolmeen eri luokkaan, jotka ovat johtuminen, aineen mukana kulkeminen ja säteily.

7.1.1 Lämmön johtuminen

Johtuminen tarkoittaa lämmön siirtymistä aineen sisällä. Johtumista tapahtuu myös eristeiden sisällä, jolloin osa lämmöstä siirtyy kylmempään ja luo tarpeen uudelle lämpöenergian tuotannolle. Johtumisen voimakkuus riippuu eristeen lämmön läpäisystä, koska lähes kaikille materiaaleille on luokiteltu oma lämmönjohtavuuskerroin, jonka perusteella voidaan arvioida eri tilojen lämmityksen tarve.

Johtuminen riippuu myös ympäröivän tilan seinän, lattian ja katon pinta-alasta. On myös kokeellisesti todistettu lämmönjohtumisen riippuvan materiaalista, pinta-alasta, materiaalin sisä- ja ulkopinnan välisestä lämpötilaerosta ja eristävän materiaalin paksuudesta. (Onnela, Patrikainen & Viiri 2012)

7.1.2 Lämmön kuljetus

Lämpöenergiaa voi kuljettaa monilla tavoilla, kuten nesteen tai ilman mukana. Puhaltimilla voidaan siirtää lämpöä ilman mukana suuria määriä lämmitykseen tarkoitettuja kanavia pitkin. Ilmaa käytetään myös laitteistojen jäähdyttämiseen, jolloin laitteistoon puhallettu viileä ilma sitoo itseensä lämpöenergiaa laitteiston läpi kulkiessaan. Laitteiston lämpötila laskee ilman poistuessa, koska ilmaan sitoutunut lämpöenergia poistuu laitteistosta vähentäen laitteiston sisältämän lämpöenergian määrää.

Neste on parhaita lämmön siirtämiseen soveltuvia menetelmiä, koska neste pystyy sitomaan suuria määriä lämpöenergiaa. Nestettä käytetään niin lämmitykseen kuin jäähdytykseenkin. Asunnoissa lämpö tuodaan lämpölaitokselta pitkiäkin matkoja nesteeseen sitoutuneena, jonka jälkeen lämpöenergia säteilee huoneistoihin pattereista tai johtuu asunnon lattiaan lattialämmityksen avulla. Joissakin tapauksissa nesteen sisältämä lämpöenergia ja paine eivät riitä, jolloin linjaston välillä sijoitettu pumppuasema lämmittää nestettä ja nostaa sen painetta.

Moottoreissa nestettä kierrätetään jäähdytyskanavissa, jonka jälkeen se ohjataan ajoneuvon jäähdyttimeen luovuttamaan lämpöenergiaa viileämpään ulkoilmaan. Jäähdyttimiä käytetään myös suurissa elektronisia laitteita sisältävissä halleissa, joissa laitteisto ei kestä liian suurta lämpenemistä. Hallien sisältämä lämpö voidaan sitoa hallin lämmönvaihtimessa kiertävään nesteeseen, jonka jälkeen lämpö voidaan hyödyntää alueen kaukolämmön lämmityksessä. (Onnela ym. 2012)

7.1.3 Lämpösäteily

Lämpösäteily tarkoittaa lämmönvaihtimen lämpöenergian sitoutumisen ympäröivään ilmaan. Lämmön säteilyä hyödynnetään lämmönvaihtimissa, joissa vaihtimen läpi virtaava lämmin neste luovuttaa lämpöenergiaa lämpösäteilyn muodossa. Ihminen voi tuntea lämpösäteilyn, mutta lämpösäteilyn eli infrapunasäteilyn korkean aallonpituuden vuoksi ihmisen silmä ei voi havaita sitä.

Jäähdytyksessä hyödynnetään useasti lämmön säteilyä ja lämmön johtumista. Vaihdin säteilee lämpöä ympäristöönsä ja vaihtimen läpi puhaltava tuuletin aiheuttaa vaihtimessa myös johtumis ilmiön. (Onnela ym. 2012)

7.2 Energian vuotaminen

Energian vuotaminen tarkoittaa energian siirtymistä kohteeseen, johon sitä ei ole tarkoitettu. Lämpöenergian kannalta lämmön vuotaminen tarkoittaa lämpöenergian siirtymistä kosketuksiin kylmemmän ilman kanssa ennenaikaisesti ja vapaasti (Ahokas 2002). Lämpöenergian tarkoituksena on lämmittää laitosten tai rakennusten sisätiloja.

Energian vuotokohtia etsimällä voidaan määritellä laitoksen tarvitsemia uudistuksia ja näin ollen parantaa laitoksen tuottavuutta ja kannattavuutta. Lämpöenergian vuodot ovat suuri kustannuserä betoniasemalle ja sen vuoksi vuotojen pienentäminen on kannattavuuden kannalta ensiarvoisen tärkeää. Lämpöener-

gian vuotaminen tarkoittaa lämmön liian nopeaa siirtymistä kosketuksiin ulkoilman kanssa ja vuodon hillitseminen vähentää laitoksen hukkaenergian määrää.

Energian vuotamiseen voi johtaa lukuisat asiat. Suurimpana vuotokohteena pidetään aseman maataaskua, koska sorataskujen tyhjentäminen mahdollistaa lämmön virtaamisen ulos maataaskusta lähes esteettä.

7.3 Energiatohokkuuden parantaminen

Energiatohokkuuteen voi vaikuttaa monilla eri tavoilla. Laitoksen käyttämän lämpöenergian määrää voidaan vähentää eristeitä ja toimintatapoja muuttamalla, sekä ottamalla hyötykäyttöön myös tehtaan laitteistojen tuottaman lämmön. (Ahokas 2002)

Energiatohokkuuteen vaikuttaa myös kamittuneen soran sulattaminen, koska jäistä soraa ei voi eikä saa syötettyä laitoksen betonimyllyyn. Kamittunut sora ei sekoitu kunnolla tarvittavien sidosaineiden kanssa ja tämä vaikuttaa asemalta toimitettavan betonin laatuun.

8 LÄMMITYSMUOTO

Tällä hetkellä laitoksen veden lämmityksessä käytetään öljyllä toimivaa ja betoniasemia varten suunniteltua lämmitintä. Lämmittimenä toimii Steel Kamet turbo 3X. Lämmityslaitteisto on suunniteltu lämmittämään suuria määriä vettä mahdollisimman nopeasti ja sen vuoksi turbo mallistojen lämmitysteho vaihtelee 700–1500 kW välillä. (Steel Kamet Oy 2015)

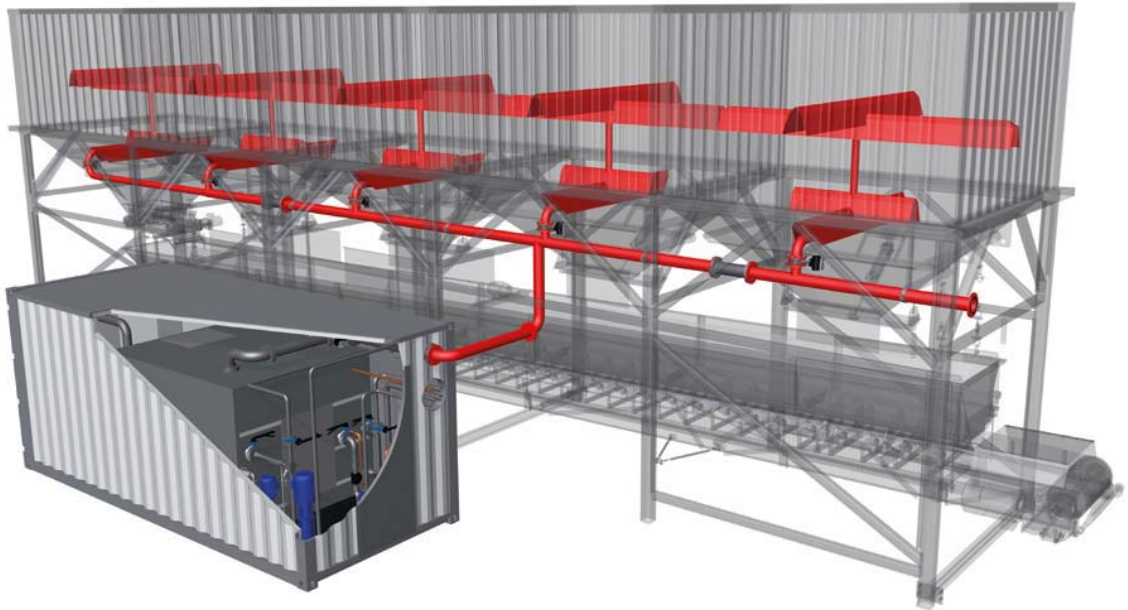
Betoniasema käyttää jopa satoja kuutioita vettä vuorokaudessa, jonka vuoksi aseman veden lämmityslaitoksen tulee olla erittäin suuritehoinen. Aseman vesi-varaajakin on useamman kuution kokoinen, koska kuormien tarve vaihtelee ja talvikaudella tulee kuuman veden riittää kuormien määrästä riippumatta.



Kuva 6. Steel Kamet Turbo 3X lämmitin (Steel Kamet Oy 2015)

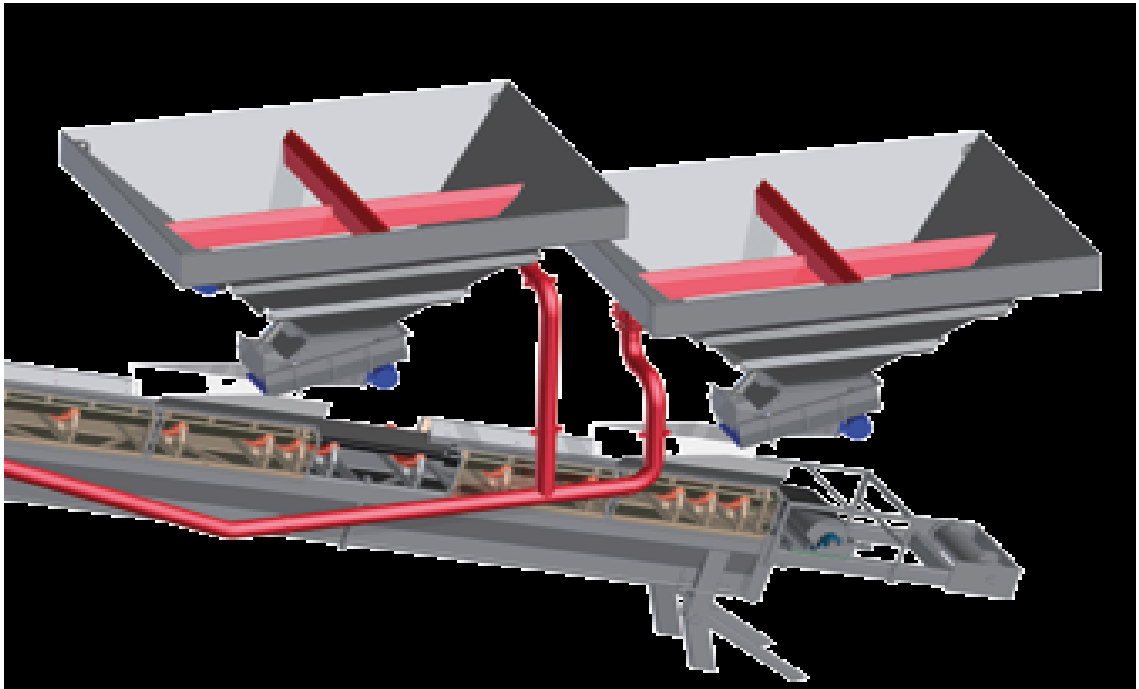
Steel Kamet antaa tuotteilleen toimivuustakuun -40 pakkasasteeseen saakka, mutta hydraulikalla toimivien ajoneuvojen lisälaitteiden suositeltu pakkasraja on

-25 astetta. Turbo sarjan lämpölaitokset on suunniteltu betoniaseman tarpeisiin ympärivuotista käyttöä varten. Turbo laitokset ovat täysin automatisoituja ja soveltuvat lähes kaikkeen prosessissa vaadittavaan lämmitykseen. (Steel Kamet Oy, 2015)



Kuva 7. Lämmittimen lämmönsiirto (Steel Kamet Oy 2015)

Laitoksen automatiikka huolehtii prosessissa käytettävän veden lämmityksestä ja korkean hyötysuhteen saavuttamiseksi käytetään kaasujen ylijäämälämpö kiviainessiilojen lämmittämiseen. Kaasuilla lämmitettävillä elementeillä pyritään sulattamaan maa-ainesten sisältämät jäiset kamit, mutta soran suuren kuluvuuden takia ei lämmitysteho riitä nopeaan sulattamiseen.



Kuva 8. Kiviainessiilojen lämmitys (Steel Kamet Oy 2015)

Kuvassa 8 näkyvä punainen putki ja maa-ainessiilon sisältämä ristikko kuvaavat pakokaasun kierrätykseen käytettäviä lämpölinjoja. Näillä linjoilla pyritään hyödyntämään kaikki lämpölaitoksen tuottama lämpöenergia. Ruduksella käytössä oleva lämpölaitos tuottaa noin 1000 kW, jolla lämmitetään prosessissa ja laitoksen lämmönvaihtimissa käytettävä vesi (Steel Kamet Oy 2015).

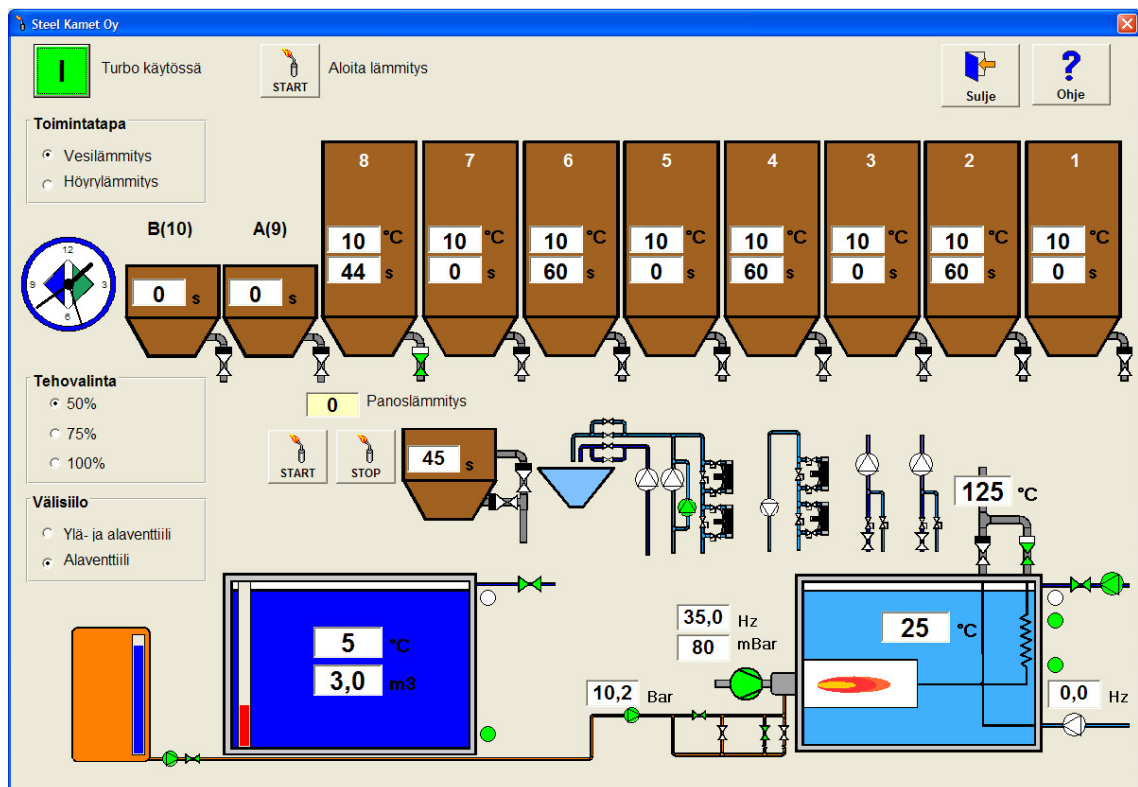
Polttoöljyn kulutus on noin 100–125 L/h aina lämpölaitoksen käydessä, jolloin nykyisellä polttoöljyn hinnalla tulisi lämmitys maksamaan noin ($0,938\text{€/L} \cdot 100\text{L} = 93,80\text{€}$) ($0,938\text{€/L} \cdot 125\text{L} = 117,25\text{€}$) 93,80 eurosta aina 117,25 euroon jokaista lämmittimen käyttötuntia kohden.

Betonitehtaan lämmitysmuotona toimii öljypoltin, joka lämmittää lämmönvaihtimien veden ja polttimessa syntyvät palokaasut ohjataan maataskun sorasiilojen sisältämiin lämpölinjoihin. Tällä tavalla saadaan hyödynnettyä myös palokaasun lämpöenergia soran sulatuksessa.

8.1 Lämmön siirtäminen/siirtyminen

Betoniaseman lämmityksestä huolehtiva turbo lämmitin jakaa tuotetun lämpö-energian patteriverkostoon, käyttöveteen ja kuuman palokaasun sorasiilojen lämmityselementteihin. Ruduksen maataskun alakerrassa sijaitsevan laitteiston lämmitykseen käytetään patteriverkostoa.

Järjestelmän tarkoituksena on tuottaa lämmityshöyryä ja kuumaa prosessivettä betonitehtaan tarpeisiin energiatehokkaasti. Laitteen tulipesään puhalletaan paloilmaa maksimissaan 0,35bar paineella (1MW teholla 1400m³/h). Tulipesän jälkeen pakokaasut ohjataan kuumavesikattilan lämmönvaihtimen (vesilämmitys) tai vaihtoehtoisesti höyrystimen (kivimateriaalin lämmitys) kautta kivimateriaaliin. Palokaasujen sisältämä energia saadaan tehokkaammin hyödynnettyä prosessin tarpeeseen. (Steel Kamet Oy 2015)



Kuva 9. Prosessikaavio (Steel Kamet Oy 2015)

Järjestelmän etuja esim. perinteisiin höyrykattiloihin verrattuna ovat:

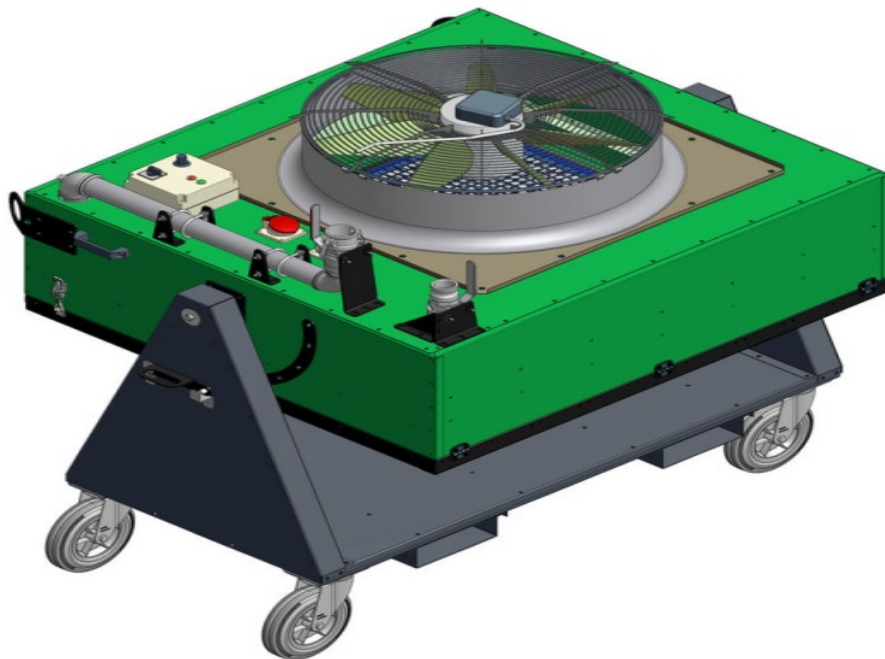
- järjestelmä saadaan käynnistettyä n. 10 sekunnissa.

- lämmitys saadaan kohdistettua haluttuun kivimateriaaliin (ns. panoslämmitys)
- kuumen veden tuotanto ja kiviaineen lämmitys voidaan suorittaa samalla laitteella, jolloin lämpöä voidaan ohjata myös esim. kiinteistöjen lämmitykseen.
- laitteistoa voidaan käyttää ohjaamon päätteeltä, joka ei ole painelaite. Pääteen käyttöön ei tarvitse erillisiä lupia tai käytön valvontaa.
- laitteistossa on kompakti rakenne, joka on asennettu merikonttiin ja on helposti siirrettävissä.

(Steel Kamet Oy 2015)

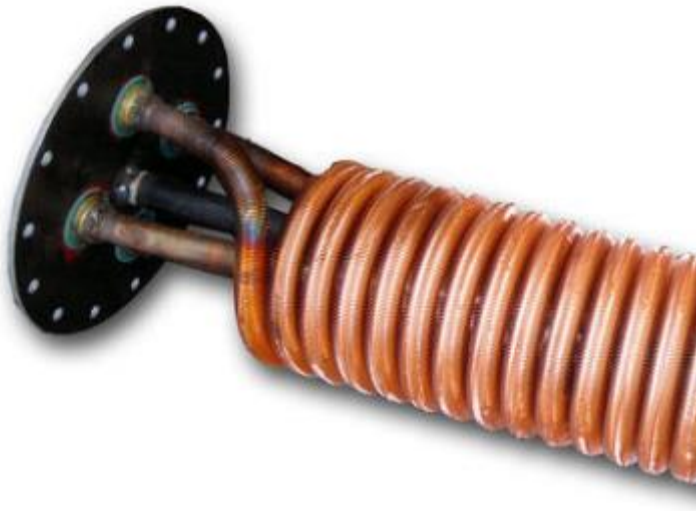
8.2 Lämmön hyödyntäminen

Lämmittimen energialla lämmitetään noin 5000 litran säiliössä olevaa prosessivettä, jonka lämpöä säiliön sisällä oleva kierukka (kuva 11) hyödyntää. Kierukan läpi kulkee aseman muihin osiin suunnattu lämmitysvesi. Laitoksen lämmönvaihdinpuhaltimille (kuva 10) ohjatulla vedellä lämmitetään maatasku, laboratorio ja pesuhalli.



Kuva 10. Lämmönvaihdin puhaltimella (Polar Therm Oy 2015)

Aseman lämmin käyttövesi saadaan myös prosessivedenlämmittimen vesisäiliöstä. Käyttöveden lämmitys tapahtuu kierukalla patteriverkon lämmityksen tavoin.



Kuva 11. Lämmityskierukka (Polar Therm Oy 2015)

Lämmityskierukan (kuva 11) yleisimpänä valmistusmateriaalina käytetään kuparia sen hyvän lämmönjohtavuuden ja muokattavuuden vuoksi. Kierukan muoto on tiheä ja laaja, jotta kierukan pinta-ala on mahdollisimman suuri. Suurta pinta-alaa tarvitaan lämmön nopean siirtymisen vuoksi. (Hautala & Peltonen 2007)

9 Vaihtoehtoinen lämmitysmuoto

Pellettilämmitys toimii puupellettejä polttavalla polttimella, jossa on automaattinen pellettien ruuvisyötin. Pellettien energiasisältö on puun lailla noin 19–19,2 MJ/kg. Kevyen polttoöljyn vastaava energiasisältö on noin 10,02 kWh/kg joka on noin 36 MJ. Lämmittimen vaihtaminen pellettilämmitykseen on työläs prosessi, mutta todennäköisesti nykyisillä öljyn hinnoilla ja pelletin huolettomuudella erittäin kannattava. (Motiva Oy 2015)

Lämmittimen jälleenmyyjät mainostavat tuotettaan helposti huollettavaksi, joten pienellä koulutuksella on kantahenkilökunnalla mahdollisuus tehdä laitteiston vaatimat huollot. Pelletti järjestelmän etuihin kuuluu puun korkea energiasisältö ja pelletin hinta. Puupelletistä saatava energiasisältö on noin puolet verrattuna öljyyn, mutta pelletin hinta on tällä hetkellä alhainen. Yrityksillä on mahdollisuus keskustella tuottajan kanssa hinnasta, mutta pelletin hinta Vapolla on 1401,20€ / 5000 kg (Vapo Oy, 2016). Käytännössä verrattuna 5000 kg pellettiä vastaa 2500 kg polttoöljyä. Polttoöljyn markkinahinta on nyt 1698€ / 2000 L (Bioenergian pikkujättiläinen 2015).

Pellettilämmitys ajaisi yhtiön vihreämpi betoni asiaakin, sillä öljyn sijaan puu on uusiutuva luonnonvara ja puutiivisteistä saa huomattavia määriä lämpöenergiaa. Pellettilämmityksen ongelmaksi voi ilmentyä nopean energian tarve, johon pellettilämmitys ei sovellu. Pellettilämmitys on suunniteltu lähinnä hyvään ylläpitolämmitykseen ja kylmien tilojen lämmitykseen. Pellettilämmitystä ei voi käyttää äkilliseen ja suureen lämmön tarpeeseen. Pellettilämmitys olisi parhaimmillaan nykyisen lämmitysjärjestelmän rinnalla, jolloin öljylämmittintä tarvitsisi käyttää vain lämmitystarpeen kasvaessa pellettijärjestelmän kapasiteetin yli.

Maalämpö on energianlähteenä edullinen, mutta maalämmöstä saatava hetkellinen energiamäärä on liian pieni betoniaseman vaatimukseen. Maalämmöllä on mahdollista huolehtia aseman lämpöenergian tarpeesta, mutta toimiakseen laitteistokokonaisuus tarvitsee rinnalleen apujärjestelmän ja suuren vesisäiliön.

10 TALVEN VAIKUTUS TOIMINTAAN

Kova pakkanen rajoittaa lähes kaikkien hydraulikalla toimivien laitteiden toimintakykyä, koska sillä on mahdollisuus halvaannuttaa laitteiston toiminta kokonaan.

Pohjoisen talvet ovat hyvin kylmiä ja routa ylettyy syvälle maa-ainesten sisälle, josta aiheutuu ns. kamien ilmestyminen maataskuun tuodun soran mukana. Talvella yksi tärkeimpiä huoltotehtäviä on paineilmalaitteistojen lämpimänä pitäminen, koska ilmanpainelaitteet jäätyvät herkästi altistuessaan pakkaselle. Ilmanpainelaitteiston sisältämän kosteuden jäätymistä voidaan estää lisäämällä laitteiden paineilmalinjoihin ilmanpainelaitteiden jäätymisenestoainetta (Korrek Lasol Oy 2015). Kuljetusyritykset käyttävät jäätymisen torjuntaan Aerol nestettä, joka estää tai hillitsee laitteistojen jäätymistä (Korrek Lasol Oy 2015).

10.1 Soran jäätymisen ja kosteuden haitat

Soran jäätyessä tulee ottaa huomioon mahdolliset prosessiin kohdistuvat haitat, kuten esim. kamittuminen joka aiheuttaa monia ongelmia ja mahdollisia tukkeumia betonia pumpattaessa. Soran jäätyessä vaaditaan runsaasti lämpöenergiaa, jotta sora saadaan sulatettua ja hyödynnettyä tehtaan prosessissa. Soraan sitoutunut kosteus voi jäätyessään hyödyntää soran eristäviä vaikutuksia, jotka hidastavat jään sulamista soran seasta.

Soran sulattamiseen tarvittava teoreettinen energiamäärä voidaan laskea kaavasta 1 ja kaavasta 2, jolloin tarvittava energiamäärä 30tn määrässä 5 % kosteudella on:

Kaava 2:

$$c := 2090 \frac{\text{J}}{\text{Kg}}$$

$$m := 1500\text{Kg}$$

$$C := c \cdot m$$

$$C = 3.135 \times 10^3 \text{KJ}$$

Kaava 1:

$$E := \Delta T \cdot C$$

$$E = 1.567 \times 10^4 \text{KJ}$$

$$E = 15670 \text{KJ}$$

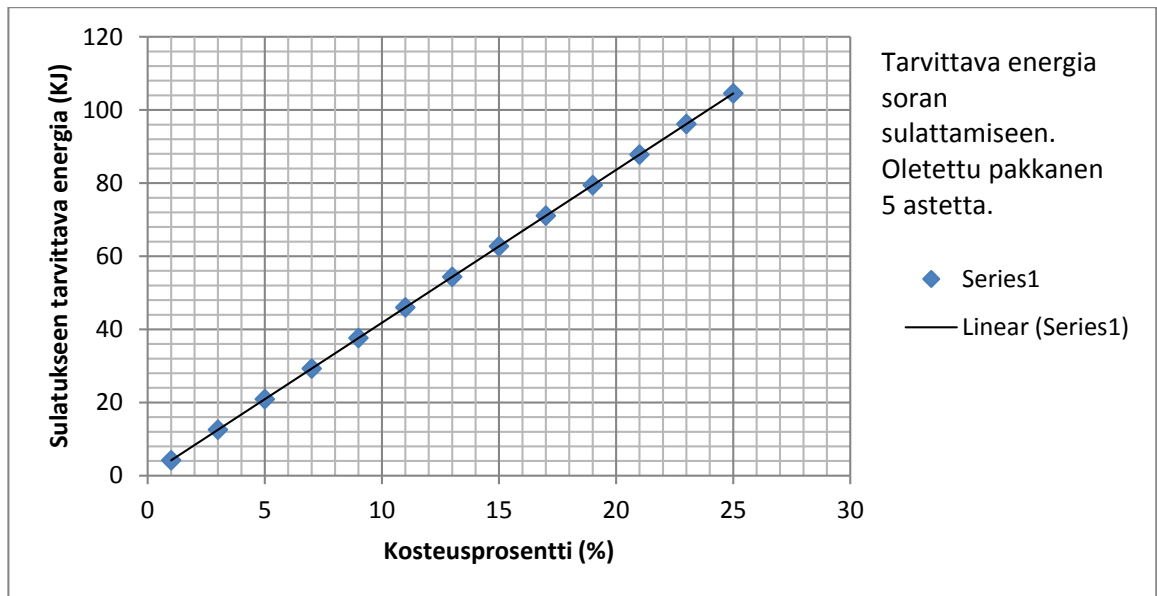
Sulattamiseen tarvittava energiamäärän $E=15670\text{KJ}$ voi muuttaa myös yleisemmin käytettävään yksikköön kilowattitunti (Kwh). Muunnoksessa käytetään arvoa $1\text{Kwh}=3600\text{KJ}$, jonka mukaan $(15670\text{KJ}) / (3600\text{KJ/Kwh}) = \underline{4,35 \text{ Kwh}}$. (Onnela, Patrikainen & Viiri 2015)

10.2 Soran kosteuden haitat

Edellä mainitulla tavalla voidaan verrata eri kosteuksien vaikutusta energian tarpeeseen. Jos soran kosteus muuttuu 5 %:sta 3 %:iin, niin samaa kaavaa käyttäen voidaan todeta energian tarpeen olevan $E=9405\text{KJ}$ eli 2,61 Kwh. Sora itsessäänkin toimii eristävänä materiaalina ja estää lämpöenergian suoran kontaktin jäätyneiden alueiden kanssa. Soran lämpökerroin on $2.0 \text{ W/m}^2\text{K}$, joka tarkoittaa sulattamiseen tarvittavan energiamäärän vaihtelevan sulatettavan kohteen massan ja ympäristössä vallitsevan lämpötilan mukaan. (Ahokas 2002)

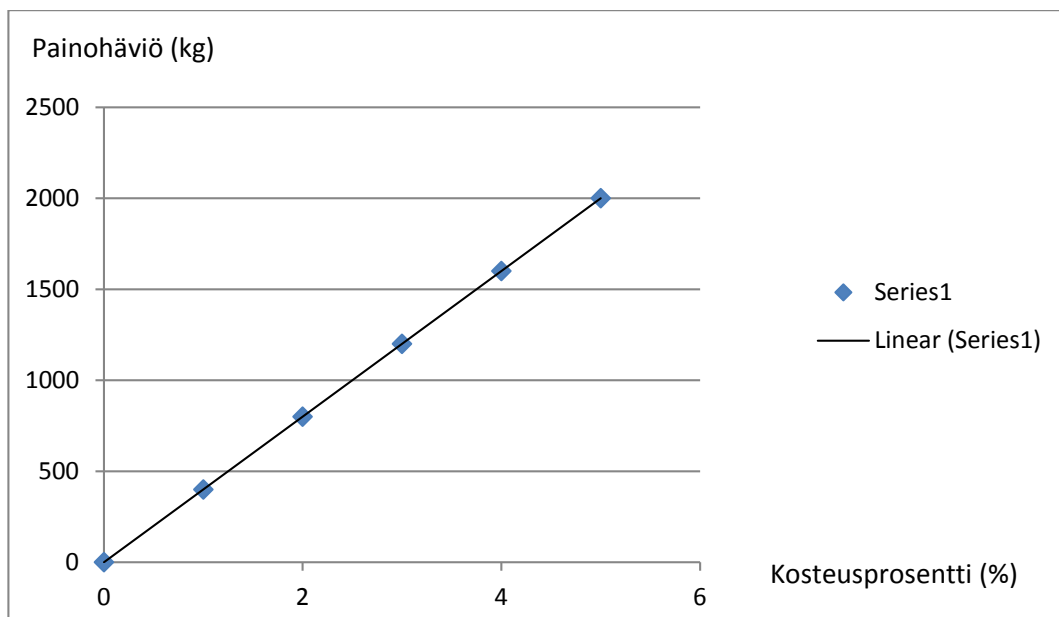
Sorasta määriteltä kosteusprosentti ilmaisee sorassa olevan veden määrän. Soran kosteusprosentin nouseminen tarkoittaa, että samalla nousee myös veden määrä maataksussa olevan soran seassa.

Maataskussa olevan jään määrää säätelee kosteusprosentti ja yhdenkin prosentin lisäys tarkoittaa suuria muutoksia sulatukseen tarvittavan energian määrässä.



Taulukko 1. Kosteusprosentin vaikutus lämmitysenergian tarpeeseen

Soran kosteusprosentti tarkoittaa käytännössä myös turhia tonnimaksuja sorasta, jonka kosteusprosentti on liian suuri. Jos sorakuorman kosteusprosentti on 3 % ja kuorman kokonaismassa on noin 40 000 kg, se tarkoittaa kuorman sisältämän vesimäärän painavan noin 1200kg. Edelliseen määrään voidaan suoraan verrannollisesti verrata eroja kosteusprosentin noustessa sorassa noin 5 prosenttiin, jolloin veden määrä kuormasta on noin 2000 kg.



Taulukko 2. Kosteusprosentin vaikutus soran nettopaino häviöön

Edellä mainittu 3 % prosentuaalinen menetys on sallitun rajoissa ja kuuluu soran normaalin kosteuden rajoihin.

Edellä mainituista luvuista voidaan jo päätellä, että kosteuden pienikin nousu voi vaikuttaa jopa 800 kg/kuorma. Tällainen ero kuormien painossa tarkoittaa monien tonnin menetystä vuositason, koska sorakasoja ei ole suojattu sään vaikutuksilta.

Jos käytetään edellä mainittuja painoja esimerkkinä, niin voidaan laskea oletusarvoilla mahdollinen menetys vuositason.

Oletus:

5 kuormaa/pv

5 pv/viikko

52 viikkoa/vuosi

Ero n. 800 kg

Menetys TOT:

$5 * 5 * 52 * 800 \text{ kg} = 1\,040\,000 \text{ kg/vuosi} = 1040 \text{ tn/vuosi}$

11 LÄMPÖENERGIAN VUOTOJEN TUTKINTA

Betonitehtaan lämpöenergian vuotoja tutkittiin lämpökameralla, jolla kuvataan kappaleista poistuvaa infrapunasäteilyä. Lämpökamera ottaa vastaan kuvattavasta kohteesta saapuvaa infrapunasäteilyä ja muodostaa saadusta säteilystä kuvan. Lämpökuvausta kutsutaan thermografiaksi.

Lämpökameran kuvien värivoimakkuudet ovat suoraan riippuvia kappaleen lämmöstä ja kappaleen pinnan emittiivisyydestä. Lämmön emittiivisyys tarkoittaa kappaleen kykyä luovuttaa lämpöä säteilynä ympäristöön. Eri pintoja vertaillessa esimerkiksi eristys villalla on erittäin pieni lämmön emittiivisyys, jonka vuoksi kyseinen materiaali on loistava lämmön eriste. Lämpösäteilyyn ja kuvaukseen vaikuttaa suurelta osin myös kappaleen mahdollinen pinnoite. Peilipinnalla tai muuten kiiltävällä pinnalla ei välttämättä ole juuri ollenkaan lämmön säteilyominaisuuksia. (Hautala & Peltonen 2007)

11.1 Lämpökuvauksen käyttökohteet

Lämpökuvausta käytetään paljon asuinrakennusten tutkimiseen. Lämpökameralla on mahdollista löytää ilmapuodot ja lämpövuodot todella luotettavasti. Lämpökuvaus on noussut suosioon, koska sen avulla voidaan löytää myös seinän sisäiset muhapainumat, rungon kosteudet ja muiden lämpöön liittyvien ongelmien laajuudet. Lämpökuvauksen jälkeen on helpompi alkaa etsimään ongelmakohtia ja purkamaan rakenteita, kun suunnilleen on jo paikallistettu missä ongelmakohdat sijaitsevat.

Lämpökuvausta käytetään hyödyksi myös teollisuudessa. Lämpökuvauksella on mahdollista löytää myös huonot sähköliitännät, sillä huono kosketus sähköliitännöissä tuottaa lämpöä. Kuvauksen avulla on mahdollista löytää nopeasti putkitukokset, koska jos putkessa virtaa eri lämpöistä ainetta kuin mitä putki on, niin silloin tukokset näkyvät lämpökameran ruudulla eri sävyisenä virtauksen muuttuessa. Laakereidenkin kunnon voi todeta lämpökameralla, sillä

laakeri tuottaa lämpöä kitkan kasvaessa. Kitka kasvaa laakerin alkaessa rikkoontumaan tai jos laakerissa on rasvan vähyttä.

Lämpökuvaus on käytössä myös lääkäreiden, eläinlääkäreiden ja pelastushenkilökunnan keskuudessa. Lääkärit voivat todeta mahdollisen rintasyövän lämpökuvauksella ja palomiehet käyttävät lämpökameraa savusukelluksessa, jotta mahdollisesti palon sisään jääneiden ihmisten pelastaminen helpottuisi ja nopeutuisi.

11.2 Rudus lämpökuvaus

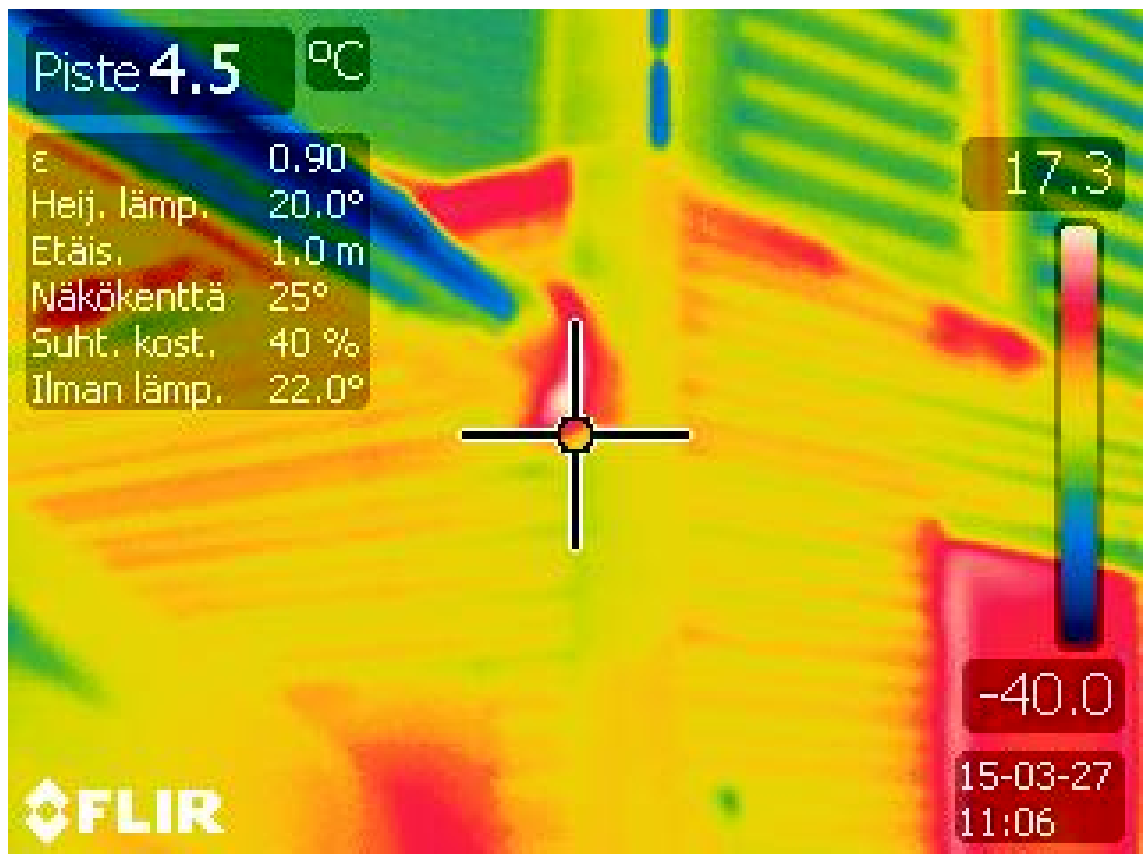
Lämpökameralla kuvattiin maataskua niin ulko- kuin sisäpuoleltakin, jotta löydetään lämmityskuluihin liittyviä syitä. Lämpökuvissa näkyy kuvattavan kohteen lämpösäteily eri väreinä lämpömäärän mukaan. Värien perusteella voidaan kuvan laidassa olevasta lämpöasteikosta saada suuntaa-antava arvio kuvattavan ympäristön lämpötila vaihteluista. Asteikossa näkyy värien perusteella lämpötilan raja-arvot ja kuvattavan kohteen pistelämpö.



Kuva 12. Maataskun ovi

Kuvassa 12 on maataskun huolto-ovi, jonka kautta henkilökunnan jäsenet menevät huoltamaan ja tarkastamaan laitteistoja. Maataskun runkorakenne on me-

tallinen elementtirunko, jonka saumoissa voi olla tiiveyden kanssa vuoto-ongelmia. Maataskun ovi on metallinen ja johtaa lämpöenergiaa todella hyvin, joten pieniä johtumisesta aiheutuvia energia hävikkejä on aina. Maataskuun menevien läpivientien saumat ovat mahdollisia vuotokohtia



Kuva 13. Lämpökuva maataskun ovesta

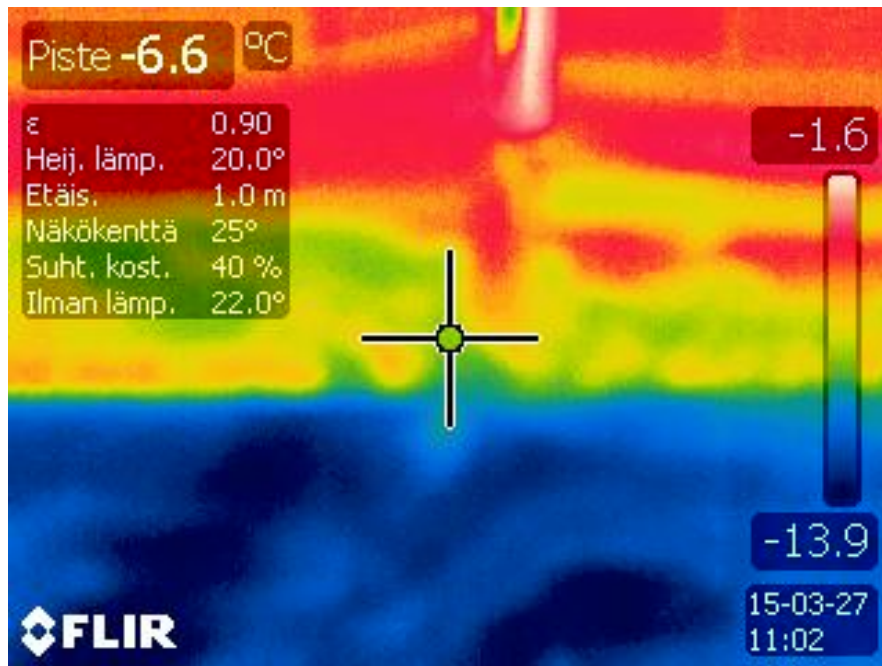
Maataskun ovesta (kuva 13) otetusta lämpökuvasta voidaan punaisen värin perusteella todeta, että oven metallinen runko johtaa ulos lämpöenergiaa ja oven tiivisteet vuotavat valkoisen värin perusteella lähes sisätilojen lämpötilan suuruista lämpöä ulos.

Kuvan keskellä näkyvän lämpölinjan juuressa on huomattava lämpövuoto, joka johtuu tiivistämisen puutteellisuudesta. Mitta-asteikon värin perusteella ulos virtaava lämpöenergia on noin + 17 asteista ja ulkoilman – 16 asteeseen verrattaessa lämpöero on noin 33 astetta.



Kuva 14. Maataskun sorasiilojen kannet

Maataskujen avonaiset kannet (kuva 14) vuotavat tuotetun lämpöenergian suoraan kylmään ulkoilmaan välittömästi, jos sorasiilo on tyhjä (kuva 24). Taskuissa oleva sora toimii eristävänä elementtinä ja vähentää energian tarvetta maataskulla. Maataskun kansien runkorakenne on terästä, joka ei toimi tarvittavan hyvänä eristeenä, vaan tarvitsee lisäksi eristävän elementin vähentämään lämmön vuotamista.



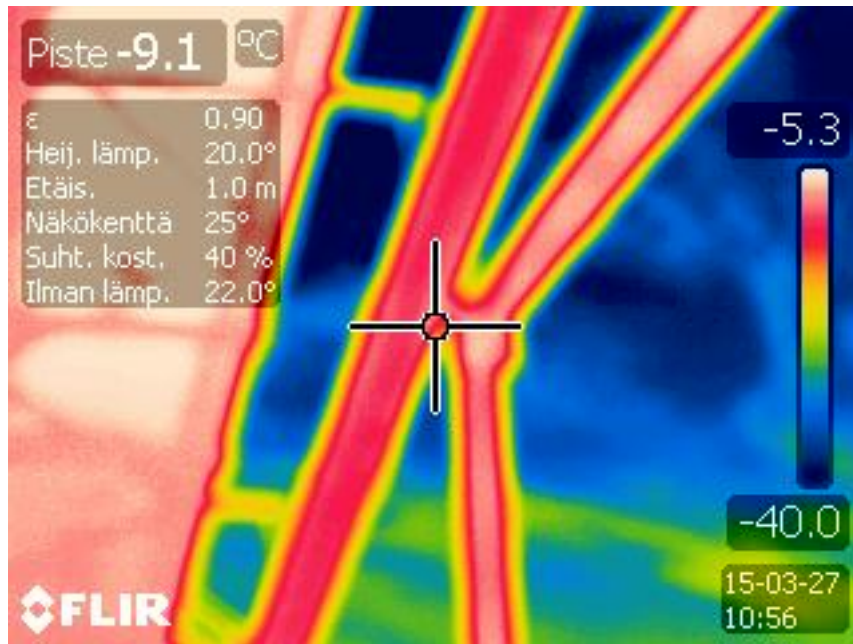
Kuva 15. Maataskun sorasiilojen kansien lämpökuva

Lämpökuvasta (kuva 15) voidaan havaita sorasiiloista nousevan lämpöä, joka lämmittää jopa sorasiilojen kansien lämmön lähes 10 astetta muuta ympäristöä lämpimämmäksi. Kuvan oikeassa laidassa sijaitsevan lämpöasteikon perusteella sorasiilojen keskiarvoinen lämpötila on noin -8 astetta joka on 8 astetta lämpimämpää kuin ulkoilma. Tästä voidaan päätellä lämpöenergian varsinaisen vuodon olevan varsin vähäistä, mutta siilojen kansien suuren pinta-alan vuoksi, on energiahävikki lämmitystarpeen kannalta liian suuri.



Kuva 16. Lämmönsiirtolinja 1

Lämmönsiirtolinja (kuva 16) on rakenteellisen tarkastelun kannalta kunnossa olevan näköinen, eikä vaadi uudistusta ainakaan teknisten vikojen vuoksi. Kuvas-
 ssa olevan siirtohihnan maatakuun menevä läpivienti on yksi energiakulu-
 tuksen aiheuttaja.



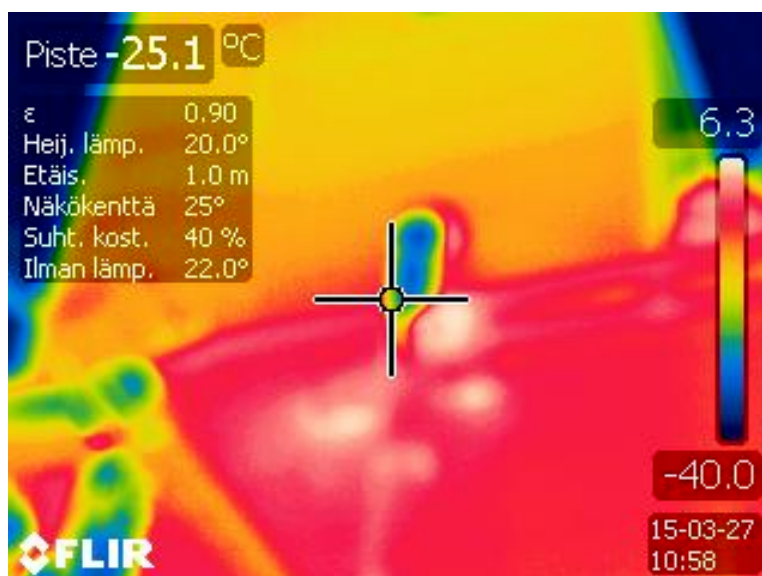
Kuva 17. Lämmönsiirtolinja 1:n lämpökuva

Lämpökameralla kuvattu siirtolinja (kuva 17) ei lämpökuvien perusteella tarvitse korjaustoimenpiteitä. Lämpölinjan eristeet ovat lämpökuvissa esiintyvien värien perusteella kunnossa. Laidassa sijaitsevan asteikon perusteella lämpölinjan pintalämpötila ei juurikaan eroa ulkolämpötilasta, joten linja on hyväksyttävässä kunnossa.



Kuva 18. Lämmönsiirtolinja 2

Kuvassa oleva lämmönsiirtolinja (kuva 18) menee betonimyllyhuoneeseen ja haarautuu maataskulle meneväksi linjaksi. Linjan kunto näyttää hyvältä, mutta läpiviennit ja linjan haarautumiskohdat voivat olla puutteellisesti tiivistettyjä tai eristettyjä.



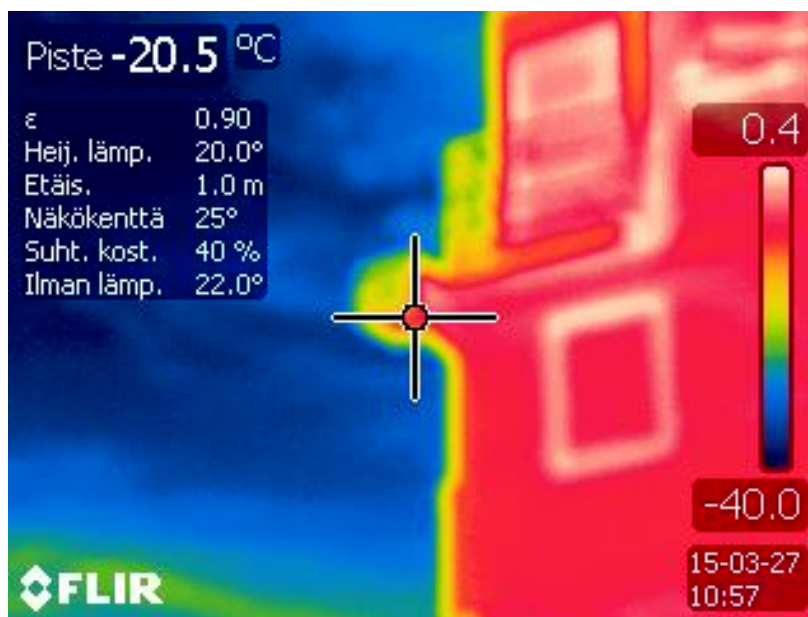
Kuva 19. Lämmönsiirtolinja 2:n lämpökuva

Kuvassa sijaitsevan lämpöasteikon värien perusteella voidaan todeta lämpölinjassa (kuva 19) olevan valkoisella värillä merkittyjä kohtia, joissa lämpöenergian vuotaminen on runsasta. Lämmönsiirtolinjojen haarautumiskohdassa sijaitsee lämpöenergian vuoto, joka tulee korjata energian kulutuksen pienentämiseksi.



Kuva 20. Betonimyllyhuoneen ulkoseinä

Betonimyllyhuoneen seinät (kuva 20) ovat elementtirakenteisia ja voivat vuotaa lämpöä saumoista ja ikkunoiden läpi. Myllyhuoneen ovien tiivisteistä ja eristeistä riippuen, voivat myös ovet aiheuttaa runsasta lämmön vuotamista.



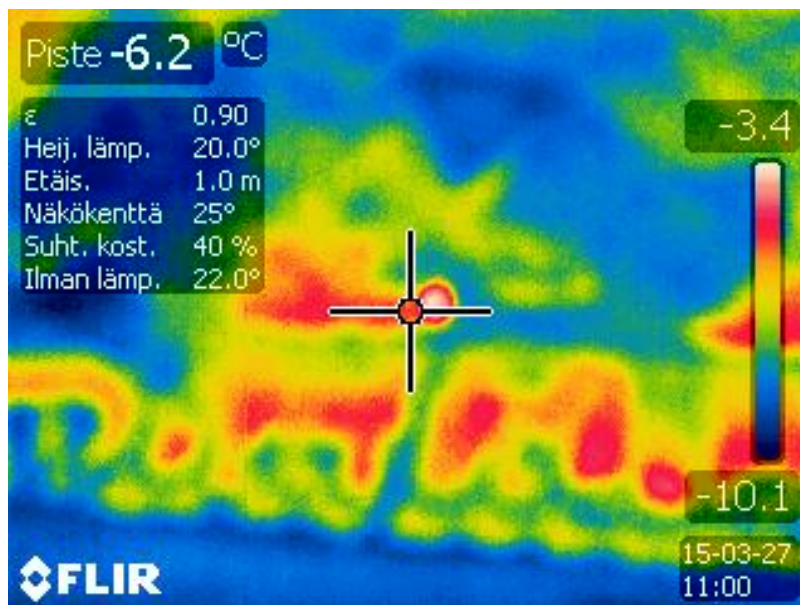
Kuva 21. Betonimyllyhuoneen lämpökuva

Betonimyllyhuoneen ikkunat ja ovet vuotavat lämpöä, kuten myös kuvassa 21 näkyvä lämpölinja. Lämpöasteikon perusteella ovien ja ikkunoiden lämpötilaero ulkoilmaan verrattaessa on paikoitellen noin 16 astetta.



Kuva 22. Maataskun sorasiilo ja kamittunutta soraa

Siilossa (kuva 22) olevasta sorasta voi havaita, mitä maa-aineksien seassa oleva kosteus saa aikaan ja kuinka paljon se vaikeuttaa betoniaseman toimintaa. Kuvassa oleva maa-aines on kamittunut soran sisältämän kosteuden ja ulkoilman kylmyyden vuoksi.



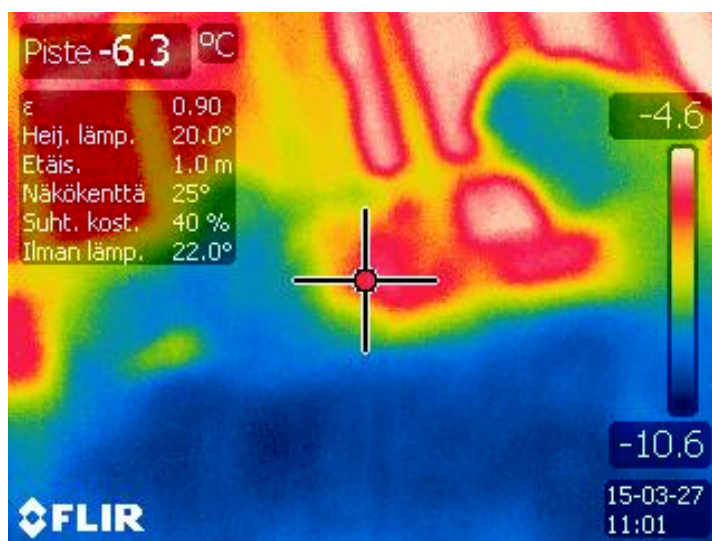
Kuva 23. Maataskun sorasiilon ja kamittuneen soran lämpökuva

Maataskun lämpökuvassa (kuva 23) näkyy maa-ainesten välistä nousevan lämmön määrän. Lämpötilaero on suurimmillaan noin 13 astetta ulkoilmaan verrattuna. Tällainen lämmön vuotaminen on erittäin haitallista.



Kuva 24. Sorasiilon lämmityselementti

Vaillinaisesta siilosta voi erottaa kuvan 24 yläreunassa sijaitsevan maa-ainesten lämmityselementin, joka tuottaa kaiken lämmön suoraan ulkoilmaan ilman eristävää sorakerrosta.



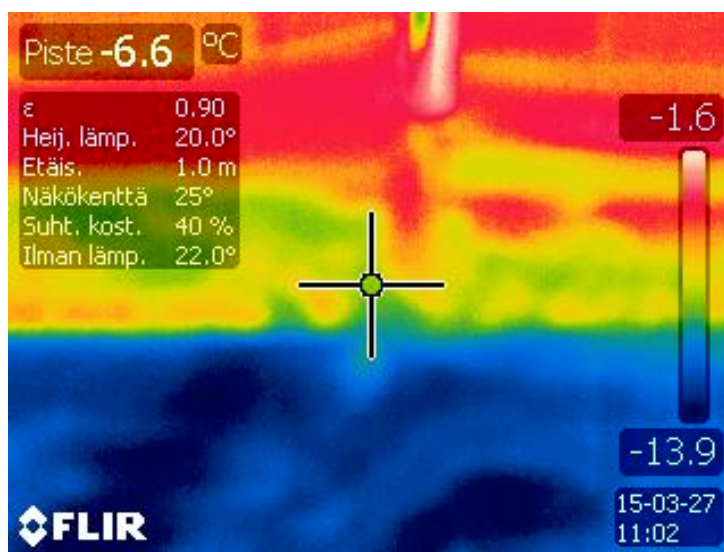
Kuva 25. Sorasiilon lämmityselementin lämpökuva

Lämpökuvasta (kuva 25) ei voi erottaa lämmityselementtiä, mutta kameran mukaan lämpötilaeroa on noin 12 astetta ulkoilmaan verrattaessa.



Kuva 26. Avoimet sorasiilot

Sorasiilon (kuva 26) ritilöiden päälle jääneet jäätyneet maa-ainekset vaikeuttavat uuden soran valumista siilon sisälle. Kamittunut sora tulee poistaa ritilöiltä ajoittain, jotta soran siiloon kulusta voidaan varmistua. Pyöräkoneella on mahdollista painaa jäätynyt sora ritilöiden läpi siiloon sisälle, mutta sillä voi olla vaikutusta betonin laatuun ja laitoksen toimintaan.



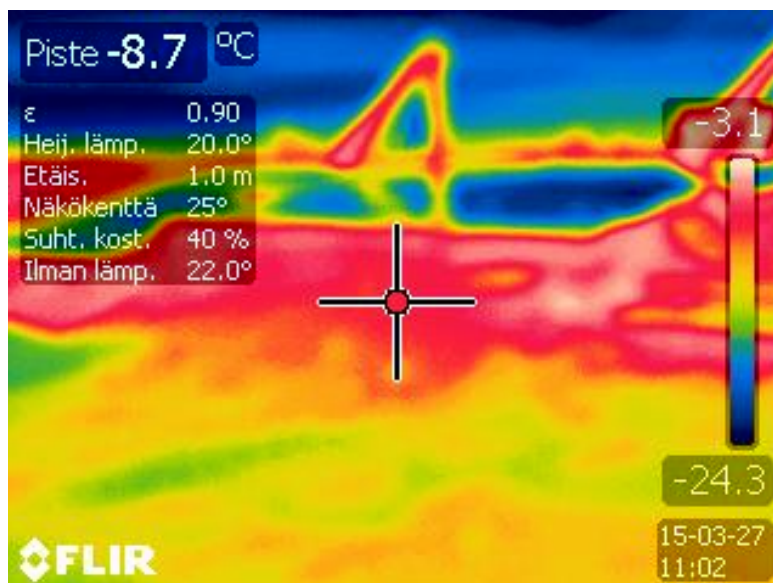
Kuva 27. Avoimien sorasiilojen lämpökuva

Kuvassa 27 esiintyvän pistelämmön perusteella voidaan todeta pistelämmön olevan noin 10 astetta ulkoilman lämpöä korkeampi. Lämpötilaero ei ole suuri, mutta sillojen pinta-ala huomioon ottaen, voidaan todeta siilosta poistuvan energiamäärän olevan liian suuri.



Kuva 28. Kiinni olevat sorasiilot

Sorasiilojen kannet (kuva 28) eivät ole tiiviitä sillojen runkoihin, joten kannet voidaan luokitella vain soraa suojaaviksi elementeiksi. Kannet suojaavat silloja sään lumelta ja vedeltä, mutta eivät estä lämpöenergian vuotamista.



Kuva 29. Kiinni olevien sorasiilojen lämpökuva

Kansien alta (kuva 29) vuotaa lämpöenergiaa lähes esteettä ulkoilman kanssa kosketuksiin, koska kansien kumikaulukset on suunniteltu vain kosteuden ja lumen torjuntaan.



Kuva 30. Maa-ainesten siirtohihnan ja lämmityslinjan läpiviennit

Maataskuun menevät läpiviennit (kuva 30) ovat suuri lämpöenergiaa kuluttava tekijä. Maataskun teräksinen runkorakenne on hyvin lämpöä johtava aine, joka mahdollistaa energian vapaamman poistumisen.



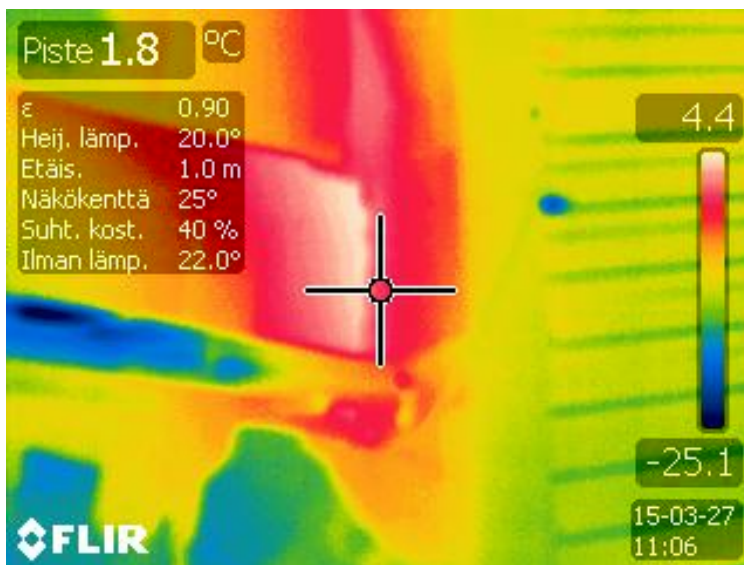
Kuva 31. Siirtohihnan ja lämmityslinjan lämpökuva

Kuvassa 31 voidaan nähdä lämpölinjan läpiviennin ympärillä valkoinen alue, joka tarkoittaa poistuvan lämmön olevan noin +17 asteista. Tällainen lämpö määrä tarkoittaa lämpötilaeron ulkoilmaan verrattaessa olevan noin 33 astetta. Lämpöenergiaa vuotaa kyseisestä kohdasta runsaasti, mutta pienen vuotopinta- alan vuoksi energiahukka ei ole kohtuuton.



Kuva 32. Hihnan läpivienti

Maa-aineksien kuljettamiseen käytettävää hihnaa (kuva 32) voi olla haasteellinen eristää kunnolla, koska hihnalle tulevan soran täytyy päästä pois siilosta. Hihnan ympäristö täytyy pitää avoimena, jotta soran kulku ei häiriytyisi.



Kuva 33. Hihnan läpiviennin lämpökuva

Hihnan rungon läpivienti (kuva 33) vuotaa lämpöä, mutta näin pieni vuoto olisi helposti eristettävissä. Hihnan rungon avonainen sisäosa on ongelmallinen, koska se vuotaa lämpöenergiaa koko ajan ja suurelta pinta-alalta.



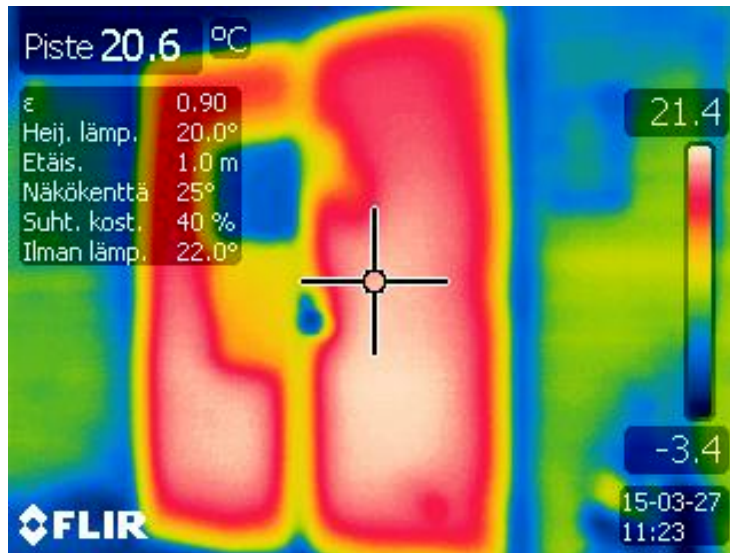
Kuva 34. Seinäelementit

Maataskun runko on terästä, johon on kiinnitetty valmiit ja eristetyt seinäelementit (kuva 34). Seinäelementtien mahdollisia ongelmia on elementtien saumojen välinen tiiveys.



Kuva 35. Maataskun huolto-ovi

Maataskun huolto-ovi (kuva 35) on teräsrakenteinen, eli erittäin hyvin lämpöä johtava. Ovi on eristetty ja sen vuoksi se estää lämmön vapaan johtumisen ulkoilmaan.



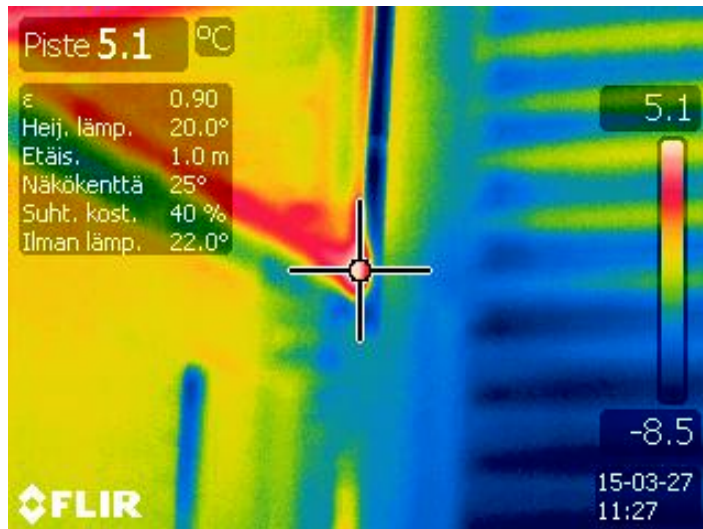
Kuva 36. Huolto-oven lämpökuva

Huolto-oven eristeissä on kuvan 36 mukaan puutteita, koska oven pinta lämpöasteikkoon verrattuna on noin +21 astetta. Tämä tarkoittaa lämpötilaeron ulkoilmaan verrattuna olevan noin 37 astetta. Kuvan perusteella oven eristeet eivät enää toimi asiaan tarkoitettulla tavalla.



Kuva 37. Maataskun elementti

Maataskun (kuva 37) rakennelman eri osat on liitetty toisiinsa teräsrungon avulla, mutta elementtien saumojen yhdistäminen toisiinsa tiiviisti voi olla erittäin vaikeaa.



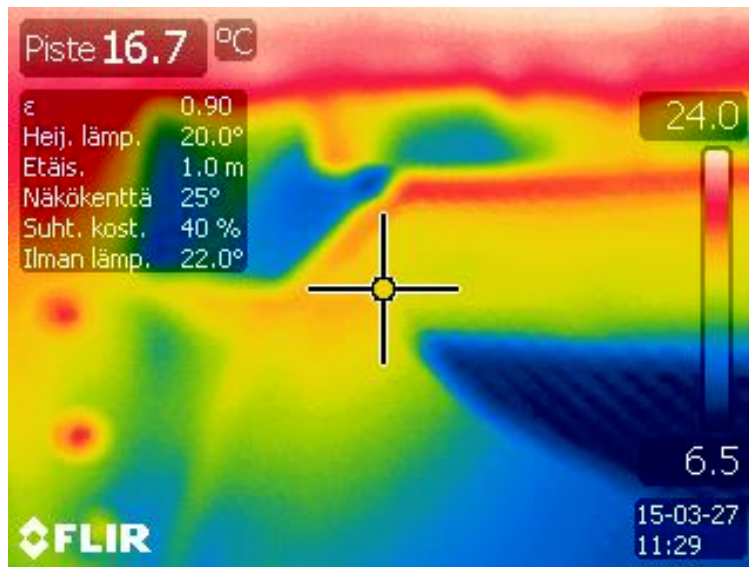
Kuva 38. Elementtien lämpökuva

Elementtien (kuva 38) saumakohdasta voidaan huomata lämpöenergian vuotoa, mutta lämpöasteikkoon verrattaessa voidaan todeta lämpövuodon olevan vähäistä.



Kuva 39. Kuljetinhihna maataskun sisäpuolelta

Kuvassa 39 olevan kuljetinhihnan läpiviennin eristeenä toimii seinään kiinnitetty kumimatto, joka estää ilman vapaan liikkumisen. Kuljettimen läpiviennin kunnollinen eristäminen tai eristemateriaalin lisääminen kumin alle, parantaisi maatas-
kun energiatehokkuutta.



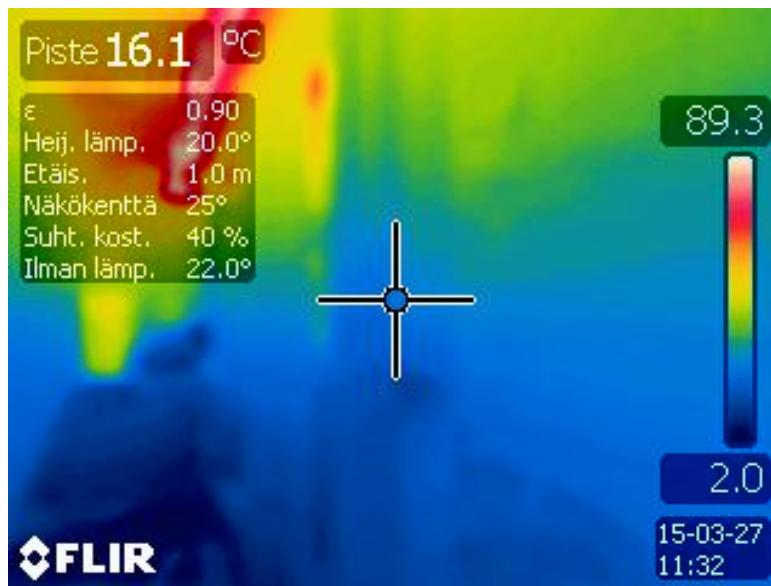
Kuva 40. Kuljetinhihnan lämpökuva

Kuvasta 40 voidaan nähdä kuljettimen läpiviennin eristeenä olevan kumin olevan paljon ympäristöään kylmempi.



Kuva 41. Maataskun käytävä

Kuvassa 41 on maataskun huoltotiloissa sijaitseva käytävä. Työturvallisuuden vuoksi vasemmassa laidassa sijaitseva kuljetinhihna on suojattu verkolla.



Kuva 42. Maataskun käytävän lämpökuva

Kuvan 42 lämpökuvassa ei ole havaittavissa huomattavia eroja lämpötiloissa eri kohdissa rakenteita. Rakenteiden eristysten voidaan todeta olevan kunnossa.

12 MAATASKUN PARANNUSEHDOTUKSET

Lämpökuvien perusteella voidaan todeta maataskun vuotavan lämpöä elementtien saumoista (kuva 37), maataskun ovien läpi (kuvat 12 & 35) ja kuljetushihnan läpiviennistä (kuvat 38 & 39).

Maataskuun tulisi mahdollisuuksien mukaan uusia paremmin eristetyt ovet, jotta ovien läpi johtuva lämpöenergia saataisiin pysähtymään. Elementtien saumat, maataskun matalamman ja korkeamman osan liittymäkohta, sekä läpiviennit tulee huolellisesti tiivistää paremman energiatehokkuuden saavuttamiseksi.



Kuva 43. Maataskun tasojen liittymäkohta ja hihnan läpivienti

Maataskun lämpöenergian vuotoa voidaan hillitä kuvan 44 kaltaisella pressuhallilla, jonka mitat tulisi suhteuttaa maataskujen kansien ja maataskun ylätasanteen mittojen mukaan. Pressuhallin eristyksellä ja kattoon asennettavilla lepuuttimilla voidaan hyödyntää maataskusta vuotava lämpö maa-aineksien sulatuk-

seen. Pressuhalli pitää maa-ainekset myös suojassa luonnon vaihtelevilta olosuhteilta.

12.1 Vaihtoehdot maataskun tilalle

Maataskun lämpöteknisistä ongelmista on mahdollista päästä helpoiten eroon kattamalla mylly, sorat ja maatasku kaikki saman katon alle, mutta kyseinen toimenpide on käytännössä mahdoton korkeiden kustannuksien ja aseman uudistuksen aikaisten käyttövaikeuksien vuoksi.

Maataskun ongelmilta voidaan välttyä, jos tasku saadaan katettua ja sora kuivattua. Toimenpide mahdollistaisi kamittumisen ja jäätymisen loppumisen. Kamittuminen on mahdollista estää myös kevyillä pressuhalleilla, jolloin kiviainekset voidaan kuivien kuukausien aikana ajaa varastoon talvea varten. Pressuhallit ovat hyvinkin laajassa käytössä teollisuuden alalla kestävyytensä, helpoutensa ja edullisuutensa johdosta.



Kuva 44. Pressuhalli materiaaleille

- Hallityyppi: puutavarahalli
- Kohde: Lormont, Ranska
- Mitat: 81 x 32 / 5,9 m ja 50 x 35 / 5,9 m
- Perustus: asfaltti
(Best Hall Oy, 2015)

12.2 Lämpimän soravaraston hyödyt ja kulut

Lämpimään soravarastoon ajetulla kamittuneella soralla on aikaa sulaa, jonka jälkeen kuivunut sora voidaan lastata kuljettimelle.

Lämpimään soravarastoon on helpompi suunnitella säästävä lämmitysratkaisu, koska suuressa hallissa ei tule yllättäviä sään tai muun ulkopuolisen voiman aiheuttamia lämmitysvaatimuksia.

13 SÄÄSTÖEHDOTUKSET

Soran toimittajan kanssa voidaan yrittää neuvotella sopimus, jossa määritellään soran suurin sallittu kosteusprosentti. Sopimukseen tulisi asettaa ehto mahdolliselle hinnan alennukselle, jos kosteusprosentti ylittää sallitun rajan. (Oletetaan soran hinnaksi esim. 500€/kuorma toimitettuna, eli $500 \text{ €} / 40 \text{ tn} = 12,5 \text{ €/tn}$. Edellä mainitulla hinnalla voisi vuosittainen säästö olla jopa $1040 \text{ tn/vuosi} \cdot 12,5 \text{ tn} = 13000 \text{ €/vuosi}$)

Ostettavan soran kosteuden vähentämisellä on todella merkittävä vaikutus Ruduksen vuosittaisiin kuluihin. Jäisen ja kamittuneen soran sulatukseen kuluu suuria määriä lämpöenergiaa, josta aiheutuu yritykselle turhia kuluja.

Lämmitysmuoto on mahdollista vaihtaa pellettilämmitykseen, jolloin nykyisen järjestelmän palokaasun kierrätyskanavia ja lämpimän veden siirtoon käytettyjä linjastoja voisi edelleen hyödyntää uudessa järjestelmässä. Pellettijärjestelmän ongelmaksi voi tulla aseman tarvitsemat äkilliset lämmitystarpeet. Järjestelmä on suunniteltu hitaaseen ja edulliseen lämmittämiseen, jolloin se olisi hyvä rinnakkaislämmitysjärjestelmä. Pelletin käyttö hyödyntäisi myös Ruduksen vihreämpää betonia hanketta, koska pelletti on uusiutuva luonnonvara. Pelletin nykyinen markkinahinta on mahdollista kilpailuttaa eri valmistajilla ja näin saada edullisin sopimus pelletin toimittamiseksi asemalle.

Vaihtoehtona tulee harkita myös kevyitä PVC-peite varastoja, joissa on mahdollista säilyttää soraa säältä suojassa. Soran suojaaminen vähentää jäätyneen maa-aineksen määrää maataskussa ja mahdollistaa kunnollisen sulamisen nykyisellä järjestelmällä.

Sorasiilojen luukut tulee myös suojata kevytrakenteisella pressuhallilla, jolloin myös siiloon kannettu sora on suojassa sään vaikutuksilta. Sorasiilojen luukkujen kattaminen kevytrakenteisella pressuhallilla on kulujen ja hyötyjen kannalta erittäin kannattava ratkaisu. Nosto-ovilla varustettu ja eristetty pressuhalli tulisi asettaa sorasiilojen luukkujen päälle, jolloin lämpö ei suoraan pääse poistu-

maan sorasiiloilta, vaan jää vaikuttamaan soran sulamisprosessiin ja näin ollen vähentää huomattavasti energiankulutusta. Pressuhallin kattoon asennettavat lepuuttimet kierrättävät ylös nousevaa lämpöä uudelleen alaspäin samalla vähentäen lämmityksen tarvetta ja paremmin hyödyntäen jo saatavilla olevaa lämpöä.

Aseman yleistä lämpöenergian kulutusta voidaan pienentää säätämällä nykyiset lämmityspuhaltimet sopivaan lämpötilaan, jolloin liian korkea huonelämpö pienenee ja energian kulutus vähenee. Yrityksen kannalta olisi parasta myös harkita puhaltimista luopumista ja siirtymistä lattialämmitykseen laitoksen joidenkin osien kanssa.

Asemalla on mahdollista säästää lämmityskustannuksissa myös maataskun alaosan vuodoissa. Maataskun ovet ovat metallirunkoiset ja huonosti eristetyt, jolloin ne johtavat erittäin tehokkaasti lämpöä ulos rakennuksesta. Maataskun elementtien saumoissa on paikka paikoin vuotoja, jotka tulisi tiivistää paremman energiatehokkuuden vuoksi. Maataskun maa-ainesten kuljetushihnan läpivienistä menee suora reikä ulos. Reikään tulisi suunnitella kevyesti liikkuva tai sähköisesti avattava luukku, joka olisi auki vain soran liikkuesssa aukosta. Tämä säästäisi huomattavia määriä lämpöenergiaa vuositason ja on matala kustanteinen parannus.

14 POHDINTA

Työn tavoitteena oli kehittää mahdollisia ratkaisuja betoniaseman maataskun lämpöenergian vuotojen vähentämiseen. Työn aikana kehiteltiin mahdollisia ratkaisuja, joista betoniaseman ja konsernin johtohenkilöt voivat valita mahdollisesti toteutettavissa olevat ratkaisut.

Työssä kerättiin tarvittavia energiatekniikan kaavoja, jotta niitä voitiin käyttää tarvittaessa myöhemmin. Energiatekniikka on mielenkiintoinen, koska sillä voidaan yhdistää monia eri tuotanto alueita yhteen. Kaavojen soveltaminen käytännössä oli vaikeaa, koska asema ei luovuttanut käyttöön tarkkoja maa-aineksien määriä.

Betoniaseman käyttämien kuljetusajoneuvojen tekniikan tuntemus tulee omasta kokemuksesta. Kuljetuskaluston monimuotoisuus antaa vahvan kilpailuvaltin markkinoilla, koska kuljetustyyplejä on monia ja rahtihinnat vaihtelevat kaluston valinnan mukaan.

Työssä onnistuttiin kartoittamaan aseman nykytilanne käytössä olevan lämmityksen ja lämpövuotojen osalta. Käytössä oleva lämmitysjärjestelmä on suunniteltu betoniaseman toimintaan sopivaksi ja siinä on hyödynnetty myös hukkaan menevän pakokaasun lämmön käyttö sorasiilojen lämmityksessä. Tässä osaluueessa ei onnistuttu parantamaan lämmitysjärjestelmän tehokkuutta, mutta järjestelmän suuri polttoaineen kulutus voitaisiin saada pienemmäksi. Työssä ehdotetaan suurikulutteen polttimeen rinnalla käytettäväksi pellettilämmitintä, joka käyttää uusiutuvia kiinteitä polttoaineita fossiilisten polttoaineiden sijaan.

Asemalla on käytössä lämmönvaihtimet joiden läpi puhaltimella liikkuva ilma lämpenee ja lämmittää kyseessä olevan tilan. Nämä lämmittimet ovat käytössä laboratoriorakennuksessa. Lämmönvaihtimien tilalle on lukuisia eri vaihtoehtoja, jotka ovat energiateknisesti tehokkaampia ja sen vuoksi kannattavampi vaihtoehto.

Talvi vaikeuttaa aina kuljetus alan töitä, koska ilmanpaineella toimivat jarrut ja muut laitteet ovat erittäin herkkiä pakkaselle. Betoniasema on riippuvainen kuljetuskaluston toimivuudesta ja sen vuoksi olisi kannattavaa varastoida kuivaa soraa aseman tontilla, josta sitä omalla koneella saa tarvittaessa käyttöön.

Lämpökuvaus oli mielenkiintoista käytännön kokemusten kannalta. Lämpökuvauksessa näki välittömästi korjausta vaativat kohdat ja opinnäytetyön kannalta kiinnostavat kohdat. Lämpökuvauksella löytyi paljon lämpövuotoja, jotka on mahdollista korjata pienillä kustannuksilla. Lämpökuvauksen ajankohta piti valita tarkasti oikealle päivälle, jotta olosuhteet olivat parhaimmillaan. Lämpökuvauksen aikana ei suositella auringonpaistetta eikä liian lämmintä. Kuvausta jouduttiin lykkäämään monta kertaa, jotta kuvat saatiin otettua pilvisellä säällä ja noin 16 pakkasasteen aikana.

Työn etenevyyttä ja luotettavuutta rajoitti salaiseksi luokitellut tiedot joita aseman henkilökunta ei voinut luovuttaa opinnäytetyössä käytettäväksi. Työssä piti turvautua summittaisiin määriin maa-ainesten osalta ja arvioituun polttoaineen kulutukseen, joka kuitenkin saatiin polttimen valmistajalta varmistettua. Työn etenemistä vaikeutti myös muilta yrityksiltä pyydetty tiedot, joiden saamisessa kesti parhaimmillaan yli kolme kuukautta.

Kaikkia työssä kehiteltyjä säästöratkaisuja on mahdollista hyödyntää aseman toiminnan parantamisessa. Ratkaisuista todennäköisesti löytyy paranneltavaa, koska aihealueena energian säästäminen on todella laaja.

Asemalle voitaisiin kehittää aurinkoa hyödyntäviä lämmittimiä nykyisen järjestelmän rinnalle, koska ne tuottavat ajoittain ilmaista energiaa vaikka järjestelmien perustamiskustannukset ovatkin suuret.

Aseman energiansäästämisellä on alalla todella suuri merkitys, koska kaikilla aloilla on kilpailu lisääntynyt. Kustannusten pienentyessä on mahdollista kilpailla laadun lisäksi tarvittaessa myös hinnalla.

LÄHTEET

Ahokas, R. 2002. Ympäristöministeriön asetus lämmöneristyksestä. Viitattu 21.12.2015. <http://www.finlex.fi/data/normit/1931-C4s.pdf>.

Best-Hall Oy 2015. Esittely. Viitattu 01.08.2015. www.besthall.com/fi.

Bioenergian pikkujättiläinen 2016. Energia-arvo ja muuntokertoimet. Viitattu 21.01.2016. <http://www.bioenergianeuvoja.fi/biopolttoaineet/pelletti/pelletti/>.

Onnela, K., Patrikainen, T. & Viiri, J. 2012. Ammatillinen FyKe. Helsinki: Sano-ma Pro.

Kauppi, J. 2014. Energia-arvojen muunnin. Viitattu 10.8.2015. <http://www.jkauppi.fi/convert/energy>.

Korrek Lasol Oy 2012. Käyttöturvallisuustiedote. Viitattu 5.11.2015. [http://www.korreklasol.fi/sites/korreklasol.fi/files/kayttoturvallisuustiedotteet/Aero I_100_-_fi-fin.PDF](http://www.korreklasol.fi/sites/korreklasol.fi/files/kayttoturvallisuustiedotteet/Aero%20I_100_-_fi-fin.PDF).

Hautala, M. & Peltonen, H. 2007. Insinöörin (AMK) fysiikka osa 1. 8. painos. Lahti: Lahden Teho-Opetus Oy.

Motiva Oy 2000. Biopolttoaineiden lämpöarvoja. Viitattu 25.12.2015. http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/bioenergia/tietolahteita/biopolttoaineiden_lampoarvoja.

Motiva Oy 2010. Polttoaineiden lämpöarvot, hyötysuhteet ja hiilidioksidin ominaispäästökertoimet sekä energianhinnat. Viitattu 25.12.2015. http://www.motiva.fi/files/3193/Polttoaineiden_lampoarvot_hyotysuhteet_ja_hiilidioksidin_ominaispaastokertoimet_seka_energianhinnat_19042010.pdf.

Muotopeite Oy 2013. Yleistä. Viitattu 1.12.2015. <http://www.pressuhallit.fi/yleista.php>.

Polartherm Oy 2015. Kiertovesikäyttöiset lämmittimet. Viitattu 1.10.2015. <http://www.polartherm.fi/fi/civ-/tuotteet/rakentaminen---saneeraus/vesikiertoiset-siirrettavat/wht-250.html>.

Rudus Oy 2015. Rudus yrityksenä. Viitattu 14.4.2015. <http://www.rudus.fi/rudus-yrityksena/historia>.

Rudus Oy 2001. Ruduksen juhla-kirja.

Steel Kamet Oy 2015. Turboesite.

Steel Kamet Oy 2013. Betonitehdas-mallisto. Viitattu 1.12.2015. <http://www.steelkamet.com/fin/index.php/betonitehta>.

Vapo Oy 2012. Vapo verkkokauppa. Viitattu 3.1.2016.
<http://www.vapo.fi/tuotteet-ja-palvelut/polttoaineratkaisut/pelletti/pelletin-tilaus>.